N° 5 1940-1941

Revue générale des Sciences pures et appliquées

Fondateur : L. OLIVIER (1890-1920).
Directeurs : J.-P. LANGLOIS (1910-1923), L. MANGIN (1924-1937).
Directeur :
R. ANTHONY, Professeur au Muséum national d'Histoire Naturelle.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Dr Gaston DOIN,
8, Place de l'Odéon, Paris (VIe)

La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Réflexions sur la recherche scientifique.

Recherche scientifique!... Quel jeune homme, par ces deux mots, n'a pas été saisi d'un divin frisson? Dans nos consciences d'hommes du vingtième siècle, la recherche scientifique apparaît comme une activité très haute, si ses résultats sont appliqués au bien, à la domination de la nature par l'homme, et non de l'homme par l'homme. La recherche scientifique peut constituer l'idéal de l'humanité tout entière, car en quelque mesure, tout être humain peut et doit collaborer au labeur collectif de l'acquisition du savoir par l'ensemble des hommes. Chacun doit apporter sa pierre, si petite soit-elle, à l'édifice commun. Sinon aide positive, du moins aide morale, subside pécuniaire, loisirs utilisés à soulager de besognes matérielles les bons ouvriers de la science. Actuellement, n'y a-t-il pas parfois emploi pernicieux de la pensée? Les travailleurs collaborant à l'édification de la Tour de Babel et perdus soudain dans la confusion des langues ont dû éprouver les mêmes sentiments que nous! Un de nos très distingués confrères ophtalmologistes parisiens, le Dr Jean-Gallois, étudie dans le numéro d'avril-juin 1939 des « Cahiers Laënnec », en un article intitulé « La Médecine de Science, Médecine Sociale », le devoir de la recherche scientifique et le droit à cette recherche. Cette étude m'a suggéré quelques réflexions. *Un particulier, en dehors des heures consacrées à sa profession, peut-il fructueusement se livrer à la recherche scientifique?* Laissons parler l'histoire. Souvent, ce n'est pas un « pontifex maximus » qui a fait telle découverte, mais un très petit de la profession, ou, phénomène plus surprenant en apparence, un étranger au métier, un de ceux que l'on qualifie, avec assez de dédain et un peu d'envie, du vocable d'*amateurs!* Mais ce vocable, si nous l'analysons, bien loin d'être péjoratif, c'est un titre de noblesse, un beau titre, et de la seule noblesse partout respectable et, en vérité, la seule humainement authentique : la noblesse du cœur! Car le mot « amateur » est de la famille du plus beau mot du vocabulaire humain, de la famille du verbe « aimer », l'amateur, étymologiquement, c'est celui qui aime l'occupation à laquelle il consacre tous, ou presque tous ses loisirs; c'est l'amant de l'idée; pour le problème qui nous occupe, l'amateur sera l'être le plus passionné pour la recherche scientifique, puisqu'il lui consacre tout son temps libre; puisqu'il devient ainsi l'esclave volontaire de cette recherche. En sciences naturelles, l'apport des amateurs est considérable; nous en connaissons tous, de ces modestes qui en savent pourtant si long par rapport à notre propre ignorance; eux-mêmes, comme Hercule enfant, n'ont pas une conscience exacte de leur propre érudition. Sans remonter à Hippocrate, qui fut praticien, chercheur et savant (le « Père de la Médecine » se classerait donc ainsi dans l'importante 201e famille des « cumulards »!), chacun connaît la « Flore » de l'abbé Coste; combien d'universitaires ont débuté dans la carrière comme instituteurs-suppléants dans d'humbles bourgades?... Et ont effectué d'importantes recherches? En médecine, de modestes « carabins » ont débrouillé des énigmes, que de plus chevronnés n'avaient pu éclairer avant eux. Ceci posé, *quelles seront les meilleures conditions pour que le travail ainsi fourni ait son rendement maximum?* Cette question exige que nous ayons une idée suffisamment

précise de ce que peut être le rendement d'un travail de recherche scientifique. Or, en l'état actuel de la science et de l'évolution de l'humanité, il n'existe ni balance, ni dynamomètre permettant de mesurer la valeur intrinsèque d'une découverte scientifique. Un fait d'apparence insignifiante peut être lourd de ressources potentielles; une longue série d'expériences coûteuses, minutieuses, ingénieuses même, peut conduire à une impasse scientifique, ne rien apprendre de vraiment nouveau, ou d'utile. Affaire de chance; affaire d'intuition aussi, « l'esprit de finesse » prenant le pas sur « l'esprit de géométrie ». Il faut lire les ouvrages magistraux du grand et regretté Charles Nicolle, pour être convaincu de ce caractère bizarre, capricieux même, de ce que l'on peut appeler « l'inspiration scientifique ». Le chercheur doit être délivré des deux plus terribles fléaux qui rongent le bonheur des hommes : la maladie et la misère. Pourtant, une santé florissante et une fortune de Crésus sont des conditions défavorables à l'éclosion des découvertes scientifiques. Charles Nicolle indique lui-même que, sans l'infirmité qui l'affligea (il devint sourd), sa carrière se serait orientée autrement, et il n'aurait probablement pas effectué ses découvertes. Quant à la fortune, c'est une large aisance, et non une fortune de milliardaire qui convient au chercheur. Comme le Dr Jean Gallois, citons une phrase émouvante de Mme Curie : « La découverte du radium a été faite dans des conditions précaires et le hangar qui l'a abritée apparaît revêtu des charmes de la légende. Mais cet élément romanesque n'a pas été un avantage : il a usé nos forces et retardé les réalisations. Avec des moyens meilleurs, on eut pu réduire à deux ans les cinq premières années de notre travail... ». En somme, aucune recette « omnibus » n'existe actuellement; certaines recherches exigent un matériel coûteux, et beaucoup de temps pour être menées à bien; d'autres ne demandent qu'un matériel restreint, ou peuvent être réalisées à peu de frais, pour le chercheur, grâce à l'appui d'un étranger, mécène ou savant « officiel », qui avancera des fonds ou prêtera des livres, des instruments, ou donnera asile dans son laboratoire à son « confrère en recherche ». Aucune formule passe-partout ne peut être donnée; pourtant, le chercheur devra se souvenir de la fable « La grenouille qui voulut se faire aussi grosse que le bœuf ». Il devra toujours se rappeler la triste fin de la vaniteuse : « ... La chétive pécore s'enfla si bien qu'elle en creva »... A moins de se sentir l'âme d'un Bernard Palissy, le chercheur « amateur » fera bien de suivre la sage parole : « Mon fils, prends conseil! ». Il n'entreprendra aucun travail au-dessus de ses forces intellectuelles, ni au-dessus de ses ressources matérielles, en temps et en argent. Il prendra conseil d'un aîné dans la carrière, soit d'un chercheur « amateur » comme lui, soit d'un savant « officiel ». Ceux-ci ne sont pas tous (il est même, heureusement, loin d'en être ainsi!) des pontifes froids, distants et dédaigneux, jaloux de leurs prérogatives, conscients de leur infaillibilité, de ces êtres de cauchemar que Maurice Maindron a campés d'une plume cruelle quoique amusante, et d'une façon que l'on aime à croire quelque peu outrancière dans son roman « L'arbre de science ». Le véritable chercheur n'a pas besoin qu'on le rappelle à l'ordre et au respect des hiérarchies naturelles. Il saura qu'il est le dernier après plusieurs, après une multitude d'autres, et il demandera conseil en toute confiance à un des aînés qu'il admire le plus dans son ordre de science favori, qui sera naturellement son ordre de recherches de prédilection. C'est cet aîné qui lui indiquera, condition tenue de ses études antérieures, de ses goûts, de ses aptitudes, de ses ressources matérielles en temps et en argent, c'est cet aîné, ce frère aîné, ce père spirituel, ce « directeur de conscience » intellectuelle (et affective, puisqu'il s'agit d'un travail de prédilection, d'un travail fait « par amour », donc un travail délicieux et qui fatigue sans doute, mais sans jamais lasser), c'est ce savant mûri et qui a fait ses preuves, c'est ce chasseur de vérités nouvelles au carnier déjà merveilleusement garni, c'est cet Œdipe qui a su deviner quelques-unes des énigmes que nous propose ce sphinx éternel, la Nature!, c'est lui, le demi-dieu, qui écoutera la « confession laïque » de l'apprenti chercheur, confession palpitante d'espoir et tremblante d'émotion, et si cette confession est sincère, elle atteindra son but, qui est à la fois d'éclairer le conseiller sur l'intelligence et les sentiments du « pénitent », de toucher le propre cœur de ce conseiller, qui ne pourra manquer de s'intéresser à un sujet sincère, et de placer ce sujet dans un état favorable de « contrition intellectuelle, état qui le rendra humble et soumis aux conseils qu'il recevra. *La Société a-t-elle le devoir d'aider ces efforts*? Oui; elle comprend ce devoir, et le remplit dans toute la mesure où elle peut le faire dans l'état actuel du monde. Cette aide est souvent bien minime. Mais peut-elle être plus grande sans sortir de son rôle, qui est de respecter la liberté individuelle de chacun de ses membres? *La Société a-t-elle intérêt à donner à cette aide une forme matérielle, plus ou moins impérative ou coercitive?* Non! Car « l'esprit souffle où il veut »... Si nous parlons d'aide effective, sérieuse, matérielle, correspondant à la nomination à un poste de « chercheur officiel », nous sortons alors des données de notre problème; nous les transformons. Il ne s'agit plus de l'utilisation des loisirs à des travaux de recherche; c'est une vocation impérieuse, à laquelle l'intervention de la Collectivité-Providence donne une expression pratique et tangible. L'Etat se penche sur l'instituteur Fabre, sur l'abbé Coste, sur tous les amateurs... pour en faire des chercheurs confortablement rétribués, bien considérés, à l'abri de tous besoins matériels. C'est parfait, tout au moins en théorie, à condition toutefois que l'on demande l'avis des intéressés. Certains caractères indépendants se plient mal à une contrainte, fût-elle légère. Nous avons déjà cité « Le Bonhomme » : ... Il vit le cou du chien pelé... »; beaucoup, comme le loup,

préfèrent la liberté maigre à la grasse servitude! Cette étude, où je livre ma pensée sans détours, l'écrirais-je si j'étais un des « attachés scientifiques » dont parle mon éminent confrère? Je l'écrirais, peut-être, si cela ne devait pas trop déplaire à mon « patron »! « Attaché » scientifique! Citons à nouveau le bon fabuliste : « Attaché! dit le loup... vous ne courez donc pas où vous voulez?... » Soyons donc respectueux de la doctrine officielle en commençant par donner tout son prix au premier mot du Ternaire républicain : « Liberté ». *Quelle réalité désigne le mot « savant », pris substantivement?* Un homme savant, c'est un homme qui sait quelque chose, et, pris absolument, un homme qui sait beaucoup de choses, et surtout de l'ordre des « arts libéraux », sciences et lettres. Si l'on dit « un savant », tout court, on renforce singulièrement l'idée de savoir profond, étendu, absolu, contenu déjà dans l'adjectif. Newton, Laplace, Lavoisier furent des savants. Dès lors, ne conviendrait-il pas de n'user qu'avec modération du substantif « savant »? Ne vaudrait-il pas mieux dire : *homme de science*, ou plus modestement *chercheur*, ou encore plus modestement peut-être, *travailleur?* Le mot chercheur est plus court, assez modeste, de plus, bien adapté à la désignation de celui qui se livre à la *recherche* scientifique. Nous le préférerons toujours au mot savant, qui doit être réservé à la louange des grands hommes, après le mot « *génie* ». Ce point de vocabulaire précisé, précisons un point de doctrine courante. *Quelle est la valeur de la distinction entre « officiels » et « non-officiels »?* Nous ne nous poserons pas la question de valeur absolue, ce qui sortirait du cadre de notre étude; nous nous demanderons seulement la valeur de cette discrimination, au point de vue de la recherche scientifique. S'agit-il d'abord de deux races distinctes et opposées, comme tendrait à le faire croire le sot orgueil des uns, et la jalousie aigre des autres? Orgueil et jalousie affectant d'ailleurs une infime minorité. Quel que soit l'échelon de la hiérarchie que l'on occupe, on est toujours un « officiel » pour quelqu'un (ce qu'en langage familier on nomme « une huile »...), et un « non-officiel », un membre du « vulgum pecus » pour d'autres. Ceci se vérifie presque « ab ovo », le nourrisson étant supérieur au fœtus, l'enfant qui marche plus « élevé » que celui qui rampe encore; plus tard, le bon élève de la classe enfantine qui commence à pouvoir déchiffrer les majuscules sur les enseignes des Boutiques qui jalonnent le chemin de sa maison à l'école : B-O-U-L-A-N-G-E-R-I-E, E-P-I-C-E-R-I-E, etc..., regardera avec une commisération légèrement mélancolique son petit voisin encore illettré. Hier encore ils jouaient comme deux frères, sans arrière-pensée; la science est venue, déjà!... Le poison du fruit de « l'arbre de science » est-il donc si vénéneux? Plus tard, cela continuera; je me souviens d'un garçon qui préparait son deuxième baccalauréat et n'avait pas assez de pitié insultante pour les élèves de première. Et, plus tard, cela continue encore. J'ai connu quelques externes des hôpitaux pour qui un stagiaire représentait moins qu'un cobaye. Je m'arrête : « ne jugez pas, de peur d'être jugé vous-même », a dit l'Ecclésiaste. Je pourrais développer d'autres considérations; je me contenterai de faire appel encore à la doctrine officielle et de prier mon lecteur de méditer sur le second terme du Ternaire républicain : Egalité. *Y a-t-il une hiérarchie entre les sociétés savantes?* Oui; en tête, l'Académie des Sciences (section de l'Institut de France). Sur les préséances entre les diverses sections de l'Institut, je ne suis pas très « ferré »; sans doute leur date respective de fondation entre en ligne de compte; mais je n'ai pas l'ambition de devenir « un érudit des préséances »... Pour les sciences médicales, il y a l'Académie de Médecine. Elle n'est pas dans les cinq classes de l'Institut. C'est une « personne morale » très respectable; mais cent médecins y siègent; tandis qu'à l'Institut (Académie des Sciences), il n'y a que six places qui leur sont réservées. Alors, en appliquant la loi de la sélection par le nombre (par le petit nombre), l'honneur relatif est entre les deux « honneurs » dans le rapport de six centièmes. L'Académie de Chirurgie, de nom récent (elle a troqué récemment, comme une roturière qui s'anoblit, son nom de *société* contre celui d'*académie*; ce geste est beau, et rappelle celui de Napoléon saisissant lui-même la couronne auguste des mains du Saint-Père); et il y a, comme le dit si éloquemment notre confrère « nos grandes sociétés savantes médicales... Il ne peut s'agir ici, bien entendu, que des grandes sociétés officielles, celles dont le nombre des membres est limité, et où l'on ne peut pénétrer que par l'élection prononcée à la majorité des membres ». Ainsi viendront bonnes dernières les autres sociétés scientifiques, celles qui n'appliquent pas un « numerus clausus », celles où l'on discute, portes et fenêtres grandes ouvertes, celles où l'on admet la contradiction courtoise d'un chacun, pourvu qu'il soit présenté par deux membres de la société (qui, souvent, il faut le reconnaître, ne connaissent pas le candidat, et le présentent de confiance). Pourquoi faut-il, c'est curieux, que ce soient souvent ces sociétés-là qui aient les séances les plus intéressantes et les plus animées, les publications les plus belles, les rapports les plus documentés et les mieux faits (sans doute, pour ce dernier point, parce que le rapporteur sait qu'il ne se trouvera pas en face d'un « comité de lecture » armé de ciseaux « rogneurs », cette sévérité étant hélas! rendue nécessaire par la modicité des fonds, la société « triée sur le volet » étant par le fait même, pauvre en membres, la société composée de « tout-venants », hommes de bonne volonté et de volonté, étant au contraire nombreuse et riche...). Ainsi, par le seul jeu du nombre (toujours lui!) le « superbe isolement se paie... et la ruche nombreuse et bourdonnante fait plus de miel, et du meilleur, que la colonie à population faible. Demandez plutôt aux apiculteurs! Arrêtons-nous ici! comme chantent les artistes... *Nous n'avons pas trouvé de critérium absolu de la hiérarchie des sociétés savantes. Si ce*

critérium n'existe pas, peut-on espérer le trouver un jour? Est-ce souhaitable? Peut-on améliorer l'ordre de choses actuel, à notre époque, dans le cadre des habitudes contemporaines et des valeurs reconnues généralement, en ce début du vingtième siècle? Ne convient-il pas d'élargir encore le cadre du débat, et d'espérer des améliorations à la recherche scientifique, effectuée par les « non-professionnels » de cette recherche, uniquement après quelques améliorations au « modus vivendi » actuel des hommes et des peuples, au triple point de vue individuel, social et mondial? Autant de questions pleines d'intérêt. Nous nous proposons de les examiner dans une prochaine étude. En attendant, nous méditerons la parole célèbre qui devra bien s'appliquer à la recherche scientifique : « l'esprit de *collaboration* doit prendre le pas sur l'esprit de *domination* ». Et je terminerai aujourd'hui, en inscrivant, à la fin de ces « réflexions », un peu malicieuses parfois sans doute, mais jamais méchantes (volontairement tout au moins), le dernier terme du Ternaire dont nous avons déjà inscrit au passage les deux premiers éléments; et nous arrêterons nos méditations attentives sur ce mot, ce mot profond, lourd de sens, riche de passé, encore plus riche d'avenir, et qu'il ne tient qu'à nous, à notre bonne volonté, à notre puissance intellectuelle et affective de faire dans le présent une réalité vivante, ce mot : Fraternité!

Dr Jean SEXE,

Correspondant national de la Société d'Ophtalmologie de Paris, Vice-président de la Société d'histoire naturelle du Doubs.

QUELQUES ASPECTS DE LA MATHÉMATIQUE FRANÇAISE CONTEMPORAINE

1. Plusieurs fois, d'excellents tableaux d'ensemble ont permis au grand public d'apprécier, pour la période récente, l'activité créatrice de l'Ecole mathématique française, d'en situer les objectifs de prédilection, d'en entrevoir les principes directeurs favoris. On remarque une variété du paysage et une extension du champ visuel qui se développent sans cesse. Loin d'être figé, ce paysage est sujet à variations brusques, tantôt localisées pour s'élargir au cours d'une période d'évolution, tantôt douées d'une extension notable dès leur naissance. Il arrive aussi que tel secteur, momentanément éclairé, s'estompe pour des années et reprenne tout à coup une ardeur nouvelle. Des changements de cette nature dans les jeux d'ombres et de lumières sont bien faits pour solliciter les regards.

Il ne saurait être question d'entreprendre ici, du point de vue de l'observateur attentif aux caprices d'un tel paysage, une étude spatio-temporelle de quelque consistance. Le film des mathématiques, même pour une courte période, n'est pas saisissable en un cadre restreint. Je n'essaierai donc pas de le capter d'un bloc, pas plus qu'on ne capte, dans les mêmes conditions, le film de la poésie.

Notons-le en passant, si la poésie se distingue fortement des mathématiques, on ne saurait dénier que ces deux genres d'activité de l'esprit offrent des particularités communes. L'aptitude d'un auteur à se soumettre aux exigences du vers, sans que sa pensée perde une parcelle de sa souplesse, sans que son imagination soit amoindrie bien au contraire, voisine avec la faculté maîtresse du géomètre : partant d'images intuitives, percevoir en elles comme les reflets fidèles d'êtres de raison, donnant prise à un symbolisme qui fixe en permanence leurs relations avec d'autres êtres du même type ou d'un type connexe. En poésie comme en mathématique, l'image jaillit, animant brusquement le décor; puis la marche régulière reprend, jusqu'à nouvel éclair.

Peut-être serait-il hardi de présumer un rapport entre le potentiel poétique d'un pays et sa faculté d'essor mathématique! Cependant l'exemple de la Grèce antique serait à méditer. A l'avenir, il appartiendra de trancher la question pour la France, en la période récente. Mais dès maintenant, on peut voir l'intérêt que, dans ces deux genres, l'étranger porte à nos productions.

2. La puissance du calcul, sous des espèces diverses, va croissant. C'est pourquoi le champ du calcul est souvent confondu avec le champ intégral de la mathématique. Cela mérite indulgence; sans le calcul, Leverrier n'aurait pu diriger vers Neptune la lunette d'un astronome berlinois.

Pourtant, l'assimilation citée n'est pas moins critiquable. L'abus s'en est révélé en 1897 lorsqu'Henri Lebesgue a défini des surfaces qui, sans contenir la moindre portion de droite, sont cependant *applicables sur le plan* sans déchirure ni duplicature, la longueur d'un arc quelconque se conservant dans le passage de la surface au plan qui lui correspond. L'image d'un morceau de tissu indéfiniment froissé s'est ici présentée à la clairvoyance d'un esprit qui a su la rationaliser.

Or, avant 1897, et encore bien des années après, les ouvrages sur la théorie des surfaces, traitant par le calcul des surfaces applicables sur le plan, n'ont signalé que des cônes, des cylindres, des surfaces décrites par une droite restant tangente à une courbe gauche.

Le calcul filtrait donc les solutions, en excluant celle du tissu indéfiniment froissé. Cette révélation au sujet d'un problème très spécial n'en a pas moins appelé l'attention d'une manière très large sur les rapports de la géométrie et du calcul. Ce dernier ne saurait conserver l'omnipotence qu'on a été tenté de lui attribuer. Il faut donc développer parallèlement des méthodes directes de recherche à la lumière desquelles le meilleur rendement à tirer du calcul apparaîtra d'ailleurs d'une manière plus nette.

« Les mathématiciens sont si habitués à leurs symboles et s'amusent si volontiers au jeu de ces symboles qu'il faut peut-être leur enlever leurs jouets pour les forcer à penser ». Cette boutade de Jules Tannery, qui ne contredit pas le vers fameux de Boileau, s'affirme marquée d'une vérité profonde en présence des exemples signalés par Lebesgue. On sait d'ailleurs tout l'ascendant que Tannery exerça rue d'Ulm sur les mathématiciens d'une certaine période, dont la plupart sont les chefs actuels de l'Ecole française, et auxquels il convient d'ajouter Paul Painlevé, René Baire.

3. Ce premier exemple d'une crise méthodologique ouverte dès le début du présent siècle montre ce que le paysage mathématique comporte de mouvant, combien il comporte aussi de surprises. Voici un autre problème, nettement délimité, mais à propos duquel se sont également forgées des méthodes qui ensuite, ont affecté le champ des mathématiques en de vastes régions.

En 1890, Henri Poincaré a défini sous le nom de *balayage* une opération d'un caractère purement géométrique et a résolu, au moyen d'une suite indéfinie d'opérations de ce type le problème de l'équilibre thermique à l'intérieur d'un solide homogène et isotrope, bon conducteur de la chaleur. Il s'agit d'y trouver les températures internes en supposant déterminé le corps et en se donnant la répartition, supposée permanente, des températures périphériques. Du point de vue de l'analyse mathématique, cela correspond au *problème de Dirichlet*. Ce problème a fait, depuis un siècle, l'objet de nombreuses recherches et, en tous pays, a presque constamment retenu l'attention des géomètres. Or le problème de Dirichlet recèle une mine de questions nouvelles.

Tout d'abord, l'essence même de la méthode instaurée par Poincaré introduisait des interprétations d'ordre électrique, à côté des interprétations thermiques. D'où le recours simultané à deux espèces d'images, ou si l'on veut, une pluralité des modes de vision intuitive, j'allais dire poétique, de la question.

La solution de Poincaré se distinguait de celle d'un Franz Neumann par un abandon presque complet du recours au calcul. Un passage à la limite sur une suite d'opérations directement définies, sans restriction de généralité, supplantait ce qu'une équation intégrale, appelant certaines réserves, pouvait offrir de mystérieux.

Rapproché du précédent, l'exemple actuel montre une voie essentielle dans laquelle le génie français a résolument marché; ses succès y ont trouvé les plus riches échos.

4. Un caractère essentiel des mémoires récents sur le problème de Dirichlet est la place qu'y détient la théorie des *ensembles ponctuels*, c'est-à-dire des *collections* de points (ou *figures*) les plus générales. Hier encore, on raisonnait sur des conducteurs thermiques ou électriques en les supposant délimités par des surfaces soumises à certaines *conditions de régularité*, sinon partout, du moins sur une quasi-totalité de la frontière ne laissant échapper que des points isolés, des lignes isolées. Les hypothèses faites à ce sujet avaient un caractère artificiel et détournaient les regards des constatations vraiment simples et primordiales comme la suivante : l'élément inconnu, à savoir la fonction de répartition thermique est à rechercher dans l'intérieur du conducteur, c'est-à-dire sur un ensemble ponctuel exclusivement formé de *points intérieurs* et d'ailleurs, *connexe*. Un tel ensemble est le *domaine* sur lequel devront être déterminées les valeurs internes de la température. Quant à la *frontière* de ce domaine, c'est un autre ensemble ponctuel sur lequel sont justement données les valeurs dites *périphériques* de la température. Tous les mots en italiques sont cités à dessein : ils évoquent le travail préliminaire qu'il a fallu mener à bien pour donner à ces divers termes droit de cité, avec un sens toujours le même dans une déduction générale et impeccable. Dans la théorie encore adolescente des ensembles ponctuels, la simple formulation mathématique du problème de Dirichlet exigeait donc une revision de notions encore plus ou moins nettement dégagées. La difficulté s'est trouvée particulièrement marquée lorsqu'il a fallu fixer le sens de la phrase : *la température en venant de l'intérieur vers la frontière, doit acquérir sur cette dernière des valeurs données.*

Aucun exemple mieux que celui-ci ne convient à faire apprécier la distance séparant parfois l'in-

tuition, avec la subjectivité qu'elle comporte, de l'élément mathématique épuré, bien défini, vers lequel elle s'achemine. C'est encore Henri Lebesgue qui a su, le premier, estimer vraiment cette distance, et c'est cette sûreté de jugement qui, en définitive lui a permis de dégager, au moyen d'un exemple devenu célèbre, la notion de *point irrégulier*, point d'une nature spéciale dont la présence à la périphérie du conducteur rend impossible, pour l'analyste, le problème de Dirichlet, du moins pour qui prend ce problème au sens un peu simpliste où il avait été conçu tout d'abord (c'est-à-dire au sens impliquant la continuité de la fonction dans le domaine et sur sa frontière). Un point irrégulier, dans la comparaison thermique, ce'st un point de la frontière où les températures internes refusent de se raccorder continument avec les températures périphériques données.

Ces explications rudimentaires laissent deviner les difficultés qu'on a dû vaincre pour saisir en pleine généralité l'économie du problème de Dirichlet. Ces difficultés n'ont d'égal, il est vrai, que le nombre des savants attirés dans le sillage de Lebesgue, N. Wiener, O. D. Kellogg, G. C. Evans en Amérique (U. S. A.), Ch. de la Vallée-Poussin en Belgique, G. Polya, F. et M. Riesz, nés en Hongrie, Frostmann en Suède, Fl. Vasilesco né en Roumanie, etc..., pour ne parler que des étrangers les plus illustres.

5. Après avoir épié la pensée mathématique s'échappant comme sur des ailes d'un domaine concret à un autre et enregistré à cette occasion, pour un même thème analytique, la pluralité des images susceptibles de lui convenir, il n'est pas sans intérêt de souligner un autre caractère commun aux deux exemples précédents. C'est le succès presque assuré *du retour aux principes*, à la suite d'une première série d'investigations. On pourrait croire que la mathématique procède par enrichissements, et cela d'une manière exclusive, c'est-à-dire en ne sacrifiant jamais un résultat exact. En réalité, ce n'est pas ainsi que les choses se présentent. Il faut se livrer, de temps à autre, par-devant les grands problèmes de la Géométrie et de la Physique, à une révision des premières notions. Une telle révision s'est imposée au XIX^{e} siècle pour la notion de fonction continue, car la *continuité eulérienne*, sorte de caractère structural lié à la représentation analytique, n'avait rien à voir avec la continuité au sens moderne, c'est-à-dire l'absence pure et simple de discontinuité, mise en cause dans le problème des cordes vibrantes. Cette élaboration a été le point de départ de toute une série de recherches aboutissant à l'avènement d'un style nouveau en théorie des fonctions. Et les deux problèmes rappelés ci-dessous ont fourni des occasions nombreuses et particulièrement favorables à l'extension de ce style vers la Géométrie d'une part et vers la Physique mathématique d'autre part. Une des marques distinctives de cette grande tendance consiste en la présentation de tous résultats mathématiques avec un minimum d'hypothèses. Plus de suppositions accessoires, car elles masquent le véritable caractère des résultats, en ne laissant plus clairement transparaître le pourquoi des choses. De ce point de vue, on s'explique *les idées motrices* qui ont fait éclore, en peu d'années, relativement, la théorie des fonctions discontinues, construite par René Baire, la nouvelle théorie de l'intégration, selon H. Lebesgue, bientôt complétée par la *totalisation* de A. Denjoy, la théorie des *espaces abstraits* de Maurice Fréchet, etc. La force de propulsion a été telle que, bientôt, les théories de ces auteurs ont été agrégées, avec divers compléments importants, émanés de disciples parfois lointains, dans maint ouvrage didactique publié à l'étranger, et notamment dans les suivants :

The Theory of Functions of a real variable and the Theory of Fourier Series grand traité publié à la Cambridge University Press par E. W. Hobson, dont la première édition, en un volume date de 1907, et la seconde en deux volumes qui datent respectivement de 1921 et 1926.

Vorlesungen über reellen Funktionen par C. Caratheodory (Teubner, Göllingen, 1917), ouvrage dont la Préface même rendait hommage à Lebesgue au beau milieu de l'autre guerre.

Théorie de l'intégrale par Saks (Varsovie, 1933).

Differential und Integral rechnung, par O. Haupt et G. Aumann (1939), etc.

6. Ces ouvrages étrangers dispensent par eux-mêmes de faire de la présente étude un palmarès ! Mais ils nous incitent en revanche à prolonger le contact avec les idées motrices précédentes et à en signaler en passant quelques autres. D'importants courants en sont issus, courants dont les rapports des mathématiques avec la logique ont ressenti les contre-coups.

Pendant longtemps, les géomètres ne s'étaient fixé d'autre but que d'établir des théorèmes, à partir de prémisses dont les cent dernières années (peut-on dire, en gros) leur ont appris à mieux connaître le véritable rôle. Ces théorèmes s'offrent à l'admiration des regards avertis comme de beaux échantillons d'une *substance logique cristallisée*. Or pareille espèce n'épuise pas le champ des possibilités. La substance logique est capable d'une

plus grande souplesse : c'est ce que montre encore un théorème de Lebesgue, relatif aux lignes de longueur bornée.

Quelques mots d'explication sont ici nécessaires. Considérons pour fixer les idées un *arc simple*, c'est-à-dire la figure provenant d'un segment de droite par une correspondance continue point par point établie entre *une région de l'espace* incluant ce segment et une autre région, de telle manière qu'à chaque point de l'une des régions, corresponde un seul point de l'autre. C'est ce qu'on exprime en disant que notre correspondance, continue, est en même temps *biunivoque*. Un arc simple, pris *au hasard*, offre en général des circonvolutions, elles-mêmes composées de circonvolutions plus petites, et ainsi indéfiniment, ce qui l'empêche d'être de longueur bornée : autrement dit, en prenant sur un tel arc deux points quelconques et inscrivant des lignes polygonales dans le tronçon compris entre ces deux points, cela de manière à en resserrer sans cesse les sommets, les périmètres de ces lignes croissent indéfiniment. Mais s'il arrive qu'un arc est de longueur bornée, cet arc possède *sauf en des points exceptionnels* la propriété suivante (qui fait l'objet du théorème annoncé) : existence de deux demi-tangentes (l'une antérieure, l'autre postérieure) qui sont des demi-droites opposées; quant aux points exceptionnels, Lebesgue nous en précise le *degré de raréfaction* en démontrant la possibilité de les enfermer, le long de la ligne étudiée, dans une suite (qui peut être indéfinie...) d'arcs dont la somme des longueurs peut être prise arbitrairement petite.

Voilà l'exemple d'une proposition d'un type logique nouveau, car elle énonce une propriété *ambiguë*, c'est-à-dire tantôt vraie, tantôt fausse, en précisant le *degré de raréfaction* de l'ensemble des cas où cette propriété tombe en défaut.

L'idée de la raréfaction des cas d'exception à des propriétés *vérifiées en général* s'est encore révélée une idée motrice d'une grande fécondité. Elle est venue animer des recherches nombreuses, en géométrie comme en théorie des fonctions.

7. La souplesse de la substance logique s'est manifestée en une autre occasion. Dans son célèbre ouvrage sur la *Théorie Physique* (1907), Pierre Duhem avait signalé que certains résultats mathématiques sont inutilisables en Philosophie naturelle : étant donnée la part qui revient aux erreurs d'observation, il ne suffit pas pour qu'une proposition donne un résultat physiquement exact qu'elle soit vraie; il faut qu'elle reste à peu près vraie quand son hypothèse reste approximativement vérifiée.

Or précisément, il y a là le point de départ d'une idée motrice, distinguant dans un champ de prémisses données les propositions en deux catégories : celles qui sont *stables*, celles qui sont *instables*, ces notions étant liées à une définition préalable de ce qu'on nommera *le module de déplacement de l'hypothèse*, *le module de déplacement de la conclusion*. Considérons dans le plan deux axes rectangulaires $x'Ox$ horizontal, $y'Oy$ vertical, et traçons le diagramme d'une fonction $y = f(x)$ lorsque la variable x croit de 0 à 1 par exemple. Si nous supposons, pour simplifier, que ce diagramme admet une tangente et si nous introduisons sa pente, nous aurons les deux énoncés suivants :

A. *Pente nulle* implique *constance*;

B. *Constance* implique *pente nulle*,

dont le second est réciproque du premier. Une pente très faible implique presque constance : l'énoncé A est stable. Au contraire, la presque constance est compatible avec des valeurs notables de la pente. L'énoncé B est instable.

Jusqu'au début de ce siècle, on ne s'était guère soucié de distinctions de ce genre. Il appartient à Jacques Hadamard d'avoir rencontré des exemples éminents de propriétés instables. Un premier exemple, celui qui avait imprimé à Duhem le premier pas vers l'énoncé d'une idée générale, concerne les propriétés des lignes géodésiques (ou de longueur minimum entre deux points) sur les surfaces à courbures opposées. Un second exemple est celui des solutions du problème de Cauchy pour *les équations aux dérivées partielles du second ordre et du type elliptique* : dans le chapitre très important de l'analyse qui s'occupe de ces équations, les considérations de stabilité donnent ainsi un guide théorique pour la classification des problèmes aux limites.

8. Ce qui permet actuellement d'agréger aux sciences déductives le caractère stable ou instable des propositions, c'est le recours aux *espaces abstraits*. Cette conception, issue des travaux de Maurice Fréchet, s'est ancrée aux bases de la mathématique d'une manière si forte qu'il convient d'en dire ici quelques mots.

Rien n'est au fond plus banal qu'un procédé de *spatialisation*. Pour résoudre l'équation du quatrième degré

$$x^4 + ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$$

on se ramène à l'intersection de la parabole $y = x^2$ avec une autre conique

$$y^2 + axy + by + cx + d = 0$$

ce qui transporte dans le plan des xy un problème à une dimension ayant l'axe des x comme support). Il y a souvent avantage à augmenter ainsi d'une

ou plusieurs unités le nombre des dimensions de l'espace où tel problème se trouvait posé. Ce principe admis, des applications nombreuses s'en présentent. Plus généralement certains problèmes d'Analyse ou de Mécanique pourront être complètement *transfigurés* par le recours à un espace auxiliaire, convenablement adapté : par exemple, la résolution d'un système de n équations indépendantes du premier degré à n inconnues, au lieu de se concevoir du point de vue purement opératoire (comme il est classique) peut s'interpréter comme la décomposition d'un vecteur libre suivant les vecteurs fondamentaux dans un espace linéaire à n dimensions. On conçoit à partir d'un tel point de vue des extensions, qui par recours à un espace linéaire dont le nombre de dimensions n'est plus fini, permettent d'atteindre d'autres objectifs, et notamment, la théorie des équations intégrales linéaires.

Mais l'on est allé beaucoup plus loin et l'idée motrice des espaces abstraits est devenue la source de *méthodes générales*. Est-il besoin de dire de telles méthodes qu'elles sont perles très rares ? Il en est une dont la portée est à peu près universelle c'est la *méthode des approximations successives de* Picard. Cette méthode, d'un caractère purement analytique a été appliquée par son illustre auteur à des problèmes très divers en théorie des équations différentielles ordinaires et des équations aux dérivées partielles. Indépendamment de cette méthode et des résultats qu'elle donne (lorsqu'on l'accompagne de l'introduction de paramètres et de considérations afférentes de continuité), Jean Leray et son collaborateur polonais J. Schauder, vainquant de grosses difficultés topologiques, sont parvenus à élaborer une méthode générale qui permet d'établir très simplement l'existence d'une solution au moins, pour des classes extrêmememnt larges de problèmes fonctionnels non linéaires. Grâce à cette méthode, les résultats de Leri-Civita, Marcel Brillouin, Henri Villat sur l'importante question hydrodynamique des sillages d'Helmoltz ont été largement dépassés. En outre Leray a présenté, avec une puissante aisance, la discussion du problème de Dirichlet pour les équations aux dérivées partielles non linéaires du type elliptique.

Voilà en définitive jusqu'où peut conduire l'idée motrice des espaces abstraits. Rappelons d'ailleurs qu'elle s'était d'abord présentée dans le calcul des variations, lorsqu'on a voulu unifier la recherche d'un minimum pour une intégrale, fonction d'une ligne arbitraire (sous certaines conditions) avec celle d'un minimum pour une fonction d'un point dans un espace à un nombre fini de dimensions.

9. Ce qui précède nous a montré l'influence des contacts de la Mathématique avec la Logique, et aussi bien de ses contacts avec certaines parties de la Physique. Revenons au cœur de l'édifice, où les riches acquisitions de la théorie des fonctions côtoient celles de la théorie des nombres. Un des plus beaux aspects de la découverte s'y présente, réalisé dans le théorème d'Emile Picard sur la distribution à l'infini des valeurs d'une fonction entière ou bien encore la distribution des valeurs d'une fonction analytique uniforme au voisinage d'un point singulier essentiel isolé. Dans notre langage métaphorique, ce théorème n'était pas, à son apparition, localisé en un point du paysage. Il a éclaté comme une sorte d'éclair ramifié, réunissant toutes les notions que présuppose la considération des fonctions précédentes, dans les conditions citées, sans préjudice de la raréfaction des valeurs exceptionnelles qu'il comporte (à un moment où l'idée motrice de raréfaction, signalée plus haut, n'était pas encore dans l'air).

Tandis que Jacques Hadamard résolvait de difficiles problèmes sur la répartition des *nombres premiers* et marquait des points importants dans la question du *prolongement analytique*, Emile Borel, Paul Montel et leurs disciples atteignaient les assises du théorème de Picard que Gaston Julia, de son côté, a brillamment enrichi. Ces succès ont beaucoup influencé les écoles étrangères, notamment l'école scandinave.

Les principes de la théorie des fonctions analytiques, éclairés par Edouard Goursat sans se départir du point de vue de Cauchy, ont été complètement rénovés par des travaux d'Emile Borel, qui ont suscité ceux d'Arnaud Denjoy et du grand géomètre suédois Torsten Carleman sur les fonctions *quasi analytiques*.

En ces couches profondes de la Mathématique, si la découverte est très rare, elle est très émouvante par l'ampleur dont elle est susceptible. Evoquons ici la découverte des *fonctions fuchsiennes* par Poincaré et celle de transcendantes, solutions uniformes d'*équations différentielles à points critiques fixes* par Painlevé. Evoquons aussi les travaux d'Emile Picard sur la *géométrie algébrique*, vénérés à juste titre par l'école italienne. Grâce à des travaux de René Garnier, du géomètre belge Lucien Godeaux et de quelques jeunes chercheurs, on voit de nouveau s'animer un secteur qui, dans la production mathématique française, semblait s'estomper depuis quelques années.

Pareillement, le génie de Jacques Herbrand, trop tôt disparu, a ranimé le secteur de la théorie des nombres et des algèbres, qui pour un temps, avait été abandonné.

10. Nous avons déjà rencontré à divers titres

la géométrie dans les aperçus qui précèdent. D'après nos deux exemples du début, il était naturel que la France prît une part considérable à l'édification de la *géométrie des ensembles* (P. Montel, A. Denjoy, etc.).

A un autre point de vue, l'œuvre d'Elie Cartan a été particulièrement féconde. Elle concerne principalement les rapports de la géométrie, envisagée d'un point de vue très général, avec la théorie de la Relativité d'une part, la théorie des groupes, d'autre part. Elle éclaire les fondements du *calcul tensoriel* et *du calcul différentiel absolu*, en apportant à ces algorithmes des élargissements; elle montre encore que la conception d'un espace, d'après Félix Klein, n'est qu'un cas particulier d'une conception beaucoup plus large qui fait intervenir non plus un *groupe*, mais *une famille de groupes* mis en connexion d'une certaine manière.

11. Mais que signifie donc ce mot *groupe*, si usité dans la langue mathématique d'aujourd'hui ? Il exprime une idée simple et naturelle, souvent noyée entre les feuillets des gros traités. Il nous sera facile d'indiquer comment elle s'offre au mathématicien, et comment elle lui permet d'unifier les spéculations les plus variées qu'il peut rencontrer.

Considérons, dans un certain champ de prémisses (par exemple, le champ de la géométrie euclidienne) une proposition quelconque. Elle énonce une conclusion acquise au bénéfice de certaines hypothèses. L'expérience de diverses branches des mathématiques, par exemple de l'*analyse appliquée à la géométrie*, montre que, parmi ces hypothèses, il peut y en avoir qui sont essentielles, d'autres qui sont accessoires. Il se pose alors la question d'éliminer ces dernières : ou ce qui revient au même, de définir la classe la plus étendue de figures, si nous sommes en géométrie, pour lesquelles soit vérifiée la conclusion du théorème. Si l'on transgresse la géométrie, le mot *objet* pourra supplanter le terme *figure*.

Il y aura donc, par hypothèse, *une certaine catégorie d'objets* pour lesquels le théorème envisagé sera vrai ou faux. Par exemple, en géométrie euclidienne, dans la catégorie des triangles, on peut avoir ou non

$$a^2 = b^2 + c^2$$

La classe la plus étendue des figures pour lesquelles cette relation a lieu est celle des triangles rectangles.

Appelons *modification* toute opération biunivoque susceptible, au sein de la catégorie permettant à l'énoncé du théorème d'avoir un sens, et de pouvoir être taxé de vrai ou de faux, d'*échanger deux objets*; nous concevons d'ailleurs cette modification d'une manière autonome, et l'appliquons à un objet antécédent O_1 (arbitraire dans la catégorie citée) pour en déduire un objet conséquent O_2; un quelconque des couples (O_1, O_2) nous fournit une représentation de la modification annoncée. Le passage (O_2, O_1) sera par définition la *modification inverse*.

Prenons maintenant la *résultante* de deux modifications, la première réalisant le passage de O_1 à O_2 et la seconde un passage que nous allons représenter à dessein par la notation (O_2, O_3), en partant ici d'un objet antécédent O_2 qui soit le conséquent de O_1 dans la première modification. Cette résultante sera par définition la *modification* réalisant le passage de O_1 à O_3 [1].

12. Nous venons, intentionnellement, de donner ici à la langue mathématique la forme très minutieuse (involontairement pédante) qu'elle doit prendre pour ne laisser subsister aucune ambiguïté dans les prémisses. Après cet étalage dialectique, revenons à notre but essentiel : concevoir en extension les objets qui, dans la catégorie citée tout à l'heure, peuvent satisfaire au théorème en litige. Considérons la famille des *modifications* permettant de passer d'un de ces objets à un autre. Cette famille possède deux caractères très immédiats et d'une grande importance : *elle contient, avec une modification, la modification inverse, et avec deux modifications, leur résultante.*

Par définition, on donne à une telle famille le nom de *groupe*. Ce que nous venons d'apprendre n'est autre que la possibilité *d'attacher un groupe à une proposition.*

On montre de suite que les éléments communs à plusieurs groupes forment un nouveau groupe. D'où la possibilité d'attacher aussi bien un groupe à un faisceau de propositions.

Nous saisissons le *caractère universel de la notion de groupe*. Elle nous apporte, dans le labyrinthe apparent des mathématiques, un élément incomparable de classification. Là encore, nous touchons aux fondements logiques. La recherche du groupe attaché à une proposition va de pair avec le souci d'en éliminer les hypothèses accessoires, ou si l'on préfère, d'écarter toute hypothèse n'ayant aucun rôle causal dans la validité de la conclusion. Le jeu des relations de cause à effet s'en trouve donc éclairci et cela, d'une manière égale pour toutes propositions relevant du même groupe [2].

1. Voir la *Revue Générale des Sciences*, n° du 30 juin 1939 (p. 320-326).

2. Par exemple, en géométrie plane, les courbes dont le rayon de courbure est lié à l'abscisse curviligne par une relation donnée $R = f(s)$ sont telles que, si l'on connait l'une

13. Le recours aux groupes n'apporte pas seulement des principes tendant à coordonner les résultats acquis, aussi bien qu'à les purifier par une sorte de distillation permettant d'évaporer ces produits indésirables qui sont les suppositions accessoires. En approfondissant les groupes, on acquiert par là-même le maniement des leviers de commande dans la théorie des nombres hypercomplexes, dans l'étude comparée des systèmes de géométrie, dans les problèmes structuraux relatifs aux équations différentielles ou aux dérivées partielles.

C'est ce que confirme avec éclat l'œuvre d'Elie Cartan, ramifiée dans presque toutes les branches des mathématiques.

14. Notre exposé a laissé volontairement subsister de nombreuses lacunes. Par exemple, nous avons omis le problème astronomique des trois corps, le problème de géométrie que sut y rattacher Henri Poincaré, et les développements que ce dernier a reçus du géomètre américain George D. Birkhoff et de son école. Mais, nous ne pouvions prétendre être complet. Sans pousser plus avant, et surtout, sans essayer d'épuiser la liste des noms éminents, moins encore de peser leurs apports respectifs, nous apercevons la place de l'Ecole française, ses principes directeurs, ses soucis d'ordre, de rigueur et de clarté.

Puissent-ils rester indéfiniment vivaces, pour retenir vers nous, comme par le passé, l'attentive sympathie des géomètres de toutes les nations.

G. Bouligand.

d'entre elles, les autres s'en déduisent par déplacement ou par symétrie. On a donc un groupe *indépendant du choix de la fonction f(s)* et par lequel s'éclairent les causes d'existence d'une relation *de forme arbitraire* entre la courbure et l'arc. En particularisant cette relation, le problème de la causalité serait déplacé : l'attention se porterait inéluctablement sur la manière dont le choix de *f(s)* affecte la forme de la courbe.

THÉORIE FERMENTAIRE DE L'ANAPHYLAXIE ET DE L'IMMUNITÉ

I. — **Anaphylaxie.**

A. *Historique.* — On connaissait, depuis longtemps, le phénomène de l'accoutumance à certains poisons, mais on ignorait le phénomène inverse, d'après lequel la première administration d'une substance peut créer un état d'hypersensibilité. Cette notion est d'acquisition récente.

Magendie, en 1839, avait déjà remarqué que des lapins, qui avaient bien supporté une première injection d'albumine, ne pouvaient tolérer, quelques jours après, l'injection d'une dose semblable.

Des phénomènes d'hypersensibilité, consécutifs à une première injection, avaient également été signalés par Behring (1893) pour la toxine diphtérique chez les cobayes, par Arloing et J. Courmont (1894), avec le sérum d'âne chez l'homme, par Flexner (1894), avec le sérum de chien chez le lapin, par Charles Richet et J. Héricourt (1898) avec le sérum d'anguille chez le chien, par Paul Courmont (1900), avec la sérosité des pleurésies tuberculeuses chez des cobayes, mais ces faits étaient considérés comme accidentels et non comme la manifestation d'un processus biologique général.

C'est Paul Portier et Charles Richet [1] qui, en 1902, étudiant sur le chien la toxicité du venin d'actinies (extrait glycériné de tentacules) découvrirent le caractère général de ces phénomènes de sensibilisation auxquels ils donnèrent le nom *d'anaphylaxie* (contraire de la protection). Ils virent que les effets toxiques de ce poison n'étaient pas immédiats et qu'ils se traduisaient par de la congestion intense de tous les viscères (intestin, foie, poumon, etc.) avec vomissements, diarrhée sanguinolente, hémorragie intestinale, dyspnée, paraplégie. Ils l'appelèrent actino-congestine. Lorsque la dose injectée n'était pas mortelle, ces symptômes s'amendaient peu à peu et les animaux revenaient à l'état normal.

Ayant, par hasard, réinjecté, au bout d'un certain temps, des animaux guéris, les auteurs virent que la même dose, qui avait été parfaitement tolérée la première fois, produisait des effets foudroyants, rapidement mortels. Des symptômes graves, vomissements intenses, dyspnée, hémorragie intestinale, forte hypotension, paraplégie et mort rapide, étaient même obtenus avec des doses minimes de poison, par exemple le 1/20e de la dose primitive.

Portier et Richet montrèrent ainsi 1° qu'une première injection de venin sensibilise l'organisme (injection sensibilisante) à une seconde injection, dite injection déchaînante; 2° qu'une période latente, véritable période d'incubation, de dix à quinze jours, est nécessaire à l'établissement de cet état de sensibilisation. Ils expérimentèrent avec les extraits glycérinés d'actinies, de moules, d'éponges et le latex d'une euphorbiacée, *Hura crepitans*.

1. Portier (P.) et Richet (Ch.) : *C. R. Soc. Biol.*, 1902, 170-172. — Charles Richet : *L'anaphylaxie*. Paris, Félix Alcan, 1630.

Les symptômes de la crise *anaphylactique* sont de même nature que ceux de la première injection, mais ils sont immédiats, foudroyants au lieu d'être tardifs et considérablement plus intenses.

Les choses en étaient là, lorsque Maurice Arthus [2] en 1903, publia le résultat de ses études chez le lapin, relatives aux effets d'injections répétées de sérum de cheval. Les animaux recevaient, sous la peau, de six jours en six jours, 5 centimètres cubes de sérum de cheval.

Les premières injections étaient facilement supportées et leur résorption rapide. A partir de la quatrième, la résorption devenait plus lente, il persistait une infiltration molle pendant deux ou trois jours. A la septième, la peau qui recouvrait l'empâtement devenait rouge, puis se desséchait, subissait la gangrène sèche, et tombait, laissant une plaie anfractueuse profonde. L'état général de l'animal demeurait bon. C'est ce que l'on a appelé le *phénomène d'Arthus*. L'auteur, afin d'éviter ces accidents cutanés à un lapin, qui avait déjà reçu sans inconvénient plusieurs injections sous la peau, injecta la dose suivante de sérum par la voie intraveineuse. Il eut la surprise de constater qu'il déclenchait ainsi une crise mortelle, tout à fait comparable à celle que Richet et Portier avaient obtenue, sur le chien, lors de l'injection seconde de venin et il fit immédiatement le rapprochement entre les deux phénomènes.

L'animal secoue la tête pour éternuer, devient anxieux, agité, se couche sur le ventre, la respiration est polypnéique, des crottes sont rejetées en abondance, puis le sujet se couche sur le flanc, renverse la tête, fait avec les pattes des mouvements de course et, après quelques bâillements profonds, demeure inerte et meurt. Lorsque l'animal se remet de sa crise et ne meurt pas, quelques jours après, bien que paraissant tout à fait rétabli, il maigrit, ne mange pas, demeure inerte, l'œil terne, l'oreille tombante, se cachectise et meurt dans le marasme au bout de quelques semaines. C'est en quelque sorte de l'anaphylaxie chronique.

Arthus a sensibilisé des lapins à l'aide d'une seule injection de sérum, il a, d'autre part, reproduit ces mêmes phénomènes chez le chien. Il a ainsi découvert la *séro-anaphylaxie*.

Arthus observa les mêmes effets avec d'autres protéines, telles que l'ovalbumine, le lait dégraissé, la gélatine. La séro-anaphylaxie devint une protéo-anaphylaxie. L'anaphylaxie n'était donc pas l'apanage de poisons tels que les venins, mais devenait une propriété des substances protéiques, d'autant plus qu'Arthus, en l'obtenant avec les peptones (pepto-anaphylaxie) établit un lien entre les venins et les protéines non toxiques. Il montra, en effet, qu'une première injection de peptone est toxique, car elle détermine, chez le chien, un choc peptonique, en tous points comparable à un choc anaphylactique léger.

Arthus étudia également l'anaphylaxie avec les venins de serpent (crotale, cobra, vipère), de scorpion, d'abeille, etc... Il montra que, dans le phénomène de l'envenimation, produit par une première injection de venin, il fallait distinguer les accidents protéo-toxiques, dus aux protides toxiques des venins et comparables aux accidents anaphylactiques graves et les accidents dits spécifiques, propres à chaque venin, dus à des substances non protidiques, alcaloïdiques. Ce sont les accidents curarisants (cobra), coagulants (crotale), pilocarpiniques (scorpion). Les accidents protéo-toxiques sont les plus importants. Pour certains venins, ce sont même les seuls (crotale, vipère, abeille).

Arthus, en étudiant l'anaphylaxie par les venins, fit une constatation des plus importantes; il vit que, seuls, les accidents protéo-toxiques étaient exagérés, tandis que les accidents spécifiques, alcaloïdiques (curarisants), ne subissaient pas de variations, et qu'ils finissaient même par s'atténuer lors d'injections répétées, obéissant à un phénomène d'accoutumance.

Les premières observations d'anaphylaxie, sur le cobaye, ont été faites en Amérique. Au cours d'un voyage aux Etats-Unis, Erlich apprit de Théobald Smith que, depuis longtemps, on avait observé, dans les laboratoires américains de sérothérapie, que les cobayes, qui avaient servi au dosage du sérum antidiphtérique, se montraient d'une sensibilité toute particulière au sérum de cheval. C'est le *phénomène de Th. Smith*.

Rosenau et Anderson ont montré ensuite l'extrême sensibilité du cobaye à l'anaphylaxie, au point qu'il suffit, chez cet animal, d'injecter 1/250 à 1/1.000.000 de centimètre cube de sérum, pour le sensibiliser. Une injection déchaînante de 1/10 de centimètre cube, dans le cœur ou le cerveau, est généralement mortelle. L'animal s'agite, se ronge les pattes, se frotte le museau, présente des mictions, des défécations, de la dyspnée, des secousses musculaires, des crises convulsives avec chute sur le côté. L'animal inerte présente encore quelques bâillements profonds et meurt.

Chez le cobaye, la mort est due à l'asphyxie par contraction violente des muscles bronchiques, de Reissessen, comme dans la crise d'asthme chez l'homme, qui est d'ailleurs une manifestation

2. Arthus (M.) : *C. R. Soc. Biol.*. 1903. p. 817. — Arthus (M.) : *De l'anaphylaxie à l'immunité*. Masson et Cie, 1921.

anaphylactique. Chez le chien, ce n'est pas la dyspnée qui est prédominante et qui entraîne la mort, mais l'hypotension qui est considérable. La vaso-dilatation extrême fait que l'animal se saigne dans ses vaisseaux, qui deviennent trop grands pour la masse de sang. La pression tombe à quelques centimètres de mercure, taux incompatible avec le fonctionnement du cœur, qui s'arrête.

***

B. *Mécanisme de la sensibilisation anaphylactique.*

Théorie fermentaire. — Charles Richet a expliqué l'anaphylaxie par la théorie de l'intoxication. Pour lui, l'injection sensibilisante fait apparaître, dans le sang, une substance non toxique mais capable d'engendrer un poison au contact de l'antigène, lors de l'injection déchaînante. Il l'a appelée, pour cette raison, « *toxogénine* ». Il a désigné, en outre, sous le nom d'*apotoxine*, le poison formé, responsable de la crise anaphylactique.

Il a basé cette théorie sur les deux faits suivants :

1° *La transmission de l'anaphylaxie passive*, à un chien neuf, par injection de sérum d'un chien sensibilisé, ce qui équivaut à une injection de toxogénine; 2° la production, *in vitro*, de substance toxique (apotoxine) par addition d'antigène à du sang d'animal sensibilisé. En injectant le mélange à un chien neuf, Charles Richet a déclenché, immédiatement, une crise anaphylactique. C'est ce qu'il a appelé *l'anaphylaxie in vitro*.

Cette théorie de l'intoxication a été admise, d'une façon générale, par les savants étrangers.

Pour Friedberger (1910), la première injection de protéine, de sérum, fait apparaître dans le sang un anticorps précipitant, une précipitine. Lors de l'injection déchaînante, une floculation apparaîtrait dans le sang. Mais, d'après l'auteur, ce n'est pas le précipité qui serait la cause de la crise. Les floculats fixent l'alexine du sang, il y a déviation du complément et digestion du précipité par interaction du complexe : antigène + précipitine + alexine. Apparaissent alors des produits de dégradation de la molécule protéique, dont certains stades seraient toxiques et représenteraient le poison anaphylactique que Friedberger a désigné sous le nom d'*anaphylatoxine*.

Friedberger a produit, *in vitro*, l'anaphylatoxine en faisant d'abord réagir l'antigène (sérum de mouton) sur la précipitine (sérum de lapin anti-mouton). Le précipité obtenu, centrifugé et bien lavé, était additionné d'alexine (sérum frais) et le mélange laissé au repos pendant douze heures. Après centrifugation, la partie liquide séparée du précipité, s'est montrée extrêmement toxique. Injectée dans les veines de cobayes neufs, elle a provoqué, en quelques minutes, des accidents anaphylactiques mortels.

Pour Von Pirquet et Schick, Maurice Nicolle, Vaughan et Wheeler, le poison anaphylactique est également un produit de dégradation de l'antigène protéique, par apparition de diastases dégradatrices, de lysines.

Les théories chimiques ont été éclipsées en France, pendant de nombreuses années, par les théories physiques de Kopaczewski, Auguste Lumière, Fernand Widal.

Les deux premiers auteurs ont donné la prépondérance au phénomène de floculation. L'injection intraveineuse d'une solution de protéines, fait apparaître dans le sang des précipitines et il est naturel qu'au moment de l'injection déchaînante, il y ait formation de floculats.

Cette floculation marche de pair avec des modifications de la tension superficielles, auxquelles Kopaczewski attribue les manifestations anaphylactiques en faisant jouer un rôle également aux embolies capillaires résultant de cette floculation.

Pour A. Lumière, les floculats agissent par action mécanique, en produisant une excitation, par chocs, des centres nerveux cérébraux, à travers l'endothélium des capillaires. Mais cette floculation a été niée par un certain nombre d'auteurs, chez l'animal en état de choc anaphylactique et A. Lumière a reconnu que lorsqu'on ajoute (*in vitro*), au sérum de lapin sensibilisé, de l'antigène, en proportion comparable à celle qui existe dans l'organisme, à la suite de l'injection déchaînante, il ne se forme pas de précipité. Il y a simplement augmentation de la viscosité par accroissement de volume, de 20 %, des micelles protéiques. L'absence de floculation visible aux néphélomètres les plus puissants, rend difficile le maintien de la théorie par excitations mécaniques.

A. Lumière invoque, à l'appui de sa manière de voir, le fait que l'injection dans le sang d'une suspension de précipité de sulfate de baryum, dans du sérum physiologique, déclenche les symptômes du choc anaphylactique. Mais Arthus a montré que si l'on injecte à un lapin neuf un sérum de cheval floculé par addition, *in vitro*, de sérum de lapin précipitant pour le sérum de cheval, le sujet ne présente aucune manifestation anaphylactique. Il en est de même, si l'on fait naître la floculation *in vivo* en injectant séparément à un lapin neuf du sérum de cheval et du sérum de lapin précipitant. Or, le précipité qui

pourrait se former lors de l'injection déchaînante, chez un sujet sensibilisé, correspond au sérum floculé. C'est un floculat colloïdal non comparable au précipité cristallisé de sulfate de baryum (cristaux étoilés), qui doit probablement ses propriétés choquantes à son état cristallisé. Ce qui le prouve, d'ailleurs, c'est l'expérience même de A. LUMIÈRE, d'après laquelle le précipité barytique obtenu dans une solution d'hyposulfite de magnésium à 5 %, puis lavé, est formé de particules ovoïdes, qui ne sont plus choquantes.

Nous avons d'ailleurs montré avec un de nos élèves J. BARRUCAND [3], que le chien est plus sensible que le cobaye aux injections intrasanguines de suspension barytique, ce qui serait l'inverse s'il s'agissait d'anaphylaxie. Les symptômes observés ne se superposent pas d'ailleurs, exactement, à ceux de la crise anaphylactique et ressemblent à ceux que l'on observe dans les cas d'embolies cérébrales.

Nous avons donné une théorie fermentaire de l'anaphylaxie qui explique et confirme la théorie de l'intoxication de Ch. RICHET.

Nous sommes parti de cette idée que les protéines étrangères, introduites dans le sang, doivent être dégradées par un mécanisme analogue à celui qui est réalisé dans les cavités digestives, c'est-à-dire que la dégradation se ferait en deux temps, sous l'action successive de deux ferments distincts ou de deux catégories de ferments, les premiers aboutissant au stade peptone et ne le dépassant pas, et les seconds poussant la dégradation jusqu'au stade amino-acide.

Nous avons pu montrer [4] que, lors de la première injection sensibilisante, la protéine injectée subit une dégradation, en deux temps, par apparition successive de deux catégories de ferments. Les premiers sont producteurs de poison anaphylactique, représenté par les premiers stades de dégradation : polypeptides ou leurs dérivés décarboxylés, histaminiques; les seconds, achèvent la dégradation des polypeptides ou de leurs dérivés toxiques, jusqu'aux stades atoxiques, ils sont donc destructeurs de poisons.

Les premiers ferments comprendraient ainsi des protéases, s'attaquant à la molécule intacte, douées d'une spécificité très étroite et des carboxylases. Les seconds, d'une spécificité faible ou nulle, seraient des polypeptidases et des histaminases.

Une fois l'antigène dégradé, les ferments apparus, n'ayant plus d'utilité, tendraient à disparaître. Il y a des raisons de penser que les seconds ferments doivent disparaître les premiers, utilisables qu'ils sont à la dégradation des polypeptides de l'usure fonctionnelle, tandis que les premiers ferments (protéases) persisteraient, en raison de leur étroite spécificité.

L'état de sensibilisation anaphylactique serait dû à la persistance des premiers ferments inutilisables, après disparition des seconds, et le temps nécessaire à cette disparition expliquerait la période latente de sensibilisation.

Il nous a été possible d'apporter la démonstration expérimentale de cette hypothèse. Nous avons extrait du sang de chiens sensibilisés et cela, par une méthode d'extraction de diastases, une substance qui, injectée à la dose de quelques centigrammes à des sujets neufs (chiens, cobayes), transmet immédiatement l'anaphylaxie passive et permet de réaliser l'anaphylaxie *in vitro*.

Nous avons pu mettre en évidence les seconds ferments en saignant des chiens en état de présensibilisation anaphylactique, 6 jours après l'injection sensibilisante, alors que les animaux ne sont pas encore sensibilisés et que, théoriquement, les deux catégories de ferments doivent travailler à la dégradation de la protéine injectée. Dans la solution aqueuse de ce mélange, nous nous sommes débarrassé du premier ferment, protéasique, en le fixant par adsorption, sur de l'antigène coagulé. Le filtrat contenant les autres ferments, injecté à des chiens ou à des cobayes sensibilisés, les a désensibilisés ou a, tout au moins, atténué très nettement les manifestations anaphylactiques par rapport aux témoins. Nous avons pu reprendre, sur l'ovalbumine ou la séroalbumine coagulées, le premier ferment, l'injecter à des sujets neufs, et transmettre l'anaphylaxie passive.

Avec deux de nos élèves, MM. TRÉFEU [5] et GAYE [6], nous avons montré que ces ferments ne se comportent pas comme des catalyseurs, mais comme des activants de l'alexine (cette dernière substance jouant le rôle de catalyseur) et qu'ils présentent, en cela, les plus grandes analogies avec les anticorps microbiens dits sensibilisatrices [7].

II. — **Immunité.**

On sait que pour certaines maladies microbiennes, une première atteinte laisse après elle, un état réfractaire que l'on désigne sous le nom d'immunité.

3. MAIGNON (F.) et BARRUCAND (J.) : *C. R. Soc. Biol.*, 3 juin 1937.

4. MAIGNON (F.) : *C. R. Acad. Sc.*, t. CC, p. 1154; *C. R. Soc. Biol*, 1927, t. XCVI, p. 981, 1935, t. CXVIII, p. 1295.

5. MAIGNON (F.) et TRÉFEU (P.) : *C. R. Soc. Biol.*, t. CXXVI, 1938, 18 juin.

6. MAIGNON (F.) et GAYE (A.) : *C. R. Soc. Biol.*, t. CXXVI, 1938, 18 juin.

7. MAIGNON (F.) : *Bull. Acad. Méd.*, t. CXVII, 1937, p. 742.

Est-il possible, dans l'état actuel de la science, d'expliquer ce phénomène si curieux ?

Envisageons, pour cela, tous les faits, bien établis, se rapportant à l'histoire des microbes et cherchons une hypothèse susceptible de les expliquer. Ces faits sont au nombre de quatre :

1° Il existe des microbes pathogènes et des microbes non pathogènes;

2° La nocivité des microbes pathogènes est due à des poisons qu'ils engendrent;

3° Il s'écoule toujours une période plus ou moins longue entre la pénétration d'un microbe pathogène dans l'organisme et l'apparition des premiers symptômes de maladie, c'est la période d'incubation;

4° Pour certains microbes pathogènes et pour certains seulement, une première agression crée l'état d'immunité.

Les poisons microbiens apparaissent dans les cultures *in vitro*. Lorsqu'on filtre des cultures de diphtérie ou de tétanos les microbes sont retenus et le filtrat, injecté à des sujets sains ,détermine la mort avec les symptômes de la maladie. Ce filtrat contient donc des poisons. On admet que ces poisons, appelés toxines microbiennes, sont sécrétés par le microbe vivant.

C'est Chauveau qui, le premier, a parlé de poisons microbiens. Ayant pratiqué des injections massives de sang charbonneux à des moutons algériens à immunité renforcée par de multiples inoculations préventives, il vit les animaux présenter immédiatement de graves malaises et succomber, en douze heures, sans que l'on n'ait pu constater la moindre pullulation des bactéridies. Celles-ci devenaient au contraire de plus en plus rares et au bout de deux heures on n'en trouvait plus dans le sang des animaux inoculés. Il en conclut que la mort avait dû survenir, par empoisonnement, sous l'influence de poisons élaborés par les microbes. Ces poisons furent ensuite retrouvés, pour la diphtérie et le tétanos, dans les cultures, d'où on les sépara par filtration.

On expliqua l'apparition de ces poisons, que l'on appela toxines microbiennes, en admettant qu'ils étaient sécrétés par les microbes vivants.

Cette explication, par une sécrétion, est une hypothèse. C'est même une hypothèse peu vraisemblable si on la juge du point de vue de la biologie générale. Qui dit sécrétion, en effet, dit cellule dont l'activité chimique nutritive est orientée vers l'élaboration de substances qu'elle déverse ensuite. Or, dans la Nature, toutes les activités de ce genre ont une utilité, qu'il s'agisse de sécrétions digestives, venimeuses ou autres.

Dans le cas des microbes, ces sécrétions toxiques auraient pour conséquence de tuer l'hôte grâce auquel ils vivent. Ce serait le contraire d'une utilité. On peut objecter que ce raisonnement est finaliste et que l'explication du finalisme, par une Force intelligente qui réglerait tout, est incompatible avec l'existence du mal. Nous répondrons à cela que l'on peut donner une autre explication du finalisme en considérant que ce qui existe dans la Nature est la résultante d'influences et de forces multiples qui s'exercent dans des sens différents. Ce qui subsiste, ce sont les choses qui résultent d'influences utiles à leur existence; pour celles-là, tout se passe comme si le finalisme existait. Les autres ont été détruites par des forces contraires et ont disparu.

A. — *Hypothèse de l'origine lytique des poisons microbiens.*

Envisageons le cas particulier de la tuberculose.

Le bacille de Koch est, à n'en pas douter, un microbe pathogène. Les manifestations de la maladie sont des manifestations toxiques. Pourtant, si l'on inocule à un sujet sain le filtrat des cultures en milieu liquide, on constate que ce filtrat ne possède aucune toxicité. Mais, si on injecte, à des sujets sains, des microbes tués par la chaleur, on détermine des phénomènes pathologiques, toxiques et, si l'injection est faite à des sujets tuberculeux, on déclenche, chez ceux-ci, une poussée aiguë de tuberculose avec fièvre intense, congestion et extension des lésions.

Or, ces microbes morts, injectés, sont lysés, c'est-à-dire digérés. Une seule explication est possible, c'est que les produits de la lyse sont toxiques et qu'ils représentent les poisons tuberculeux, du moment que chez un sujet tuberculisé, ils entraînent une aggravation de la maladie.

Nous avons conclu, de ces faits, que les poisons tuberculeux ne sont pas sécrétés par les microbes vivants, mais qu'ils résultent de la lyse des microbes morts.

Envisageons, de nouveau, les bacilles de la diphtérie et du tétanos, dont les bouillons de culture contiennent des poisons capables de reproduire les symptômes de la maladie.

On admet qu'il s'agit là d'un phénomène de sécrétion.

Le fait suivant est à retenir : lorsqu'on ensemence un bouillon neuf avec du bacille de Loeffler, il faut attendre vingt-quatre heures avant de voir apparaître les premières traces de toxine diphtérique. Si le poison était sécrété par les microbes vivants, on devrait en trouver déjà des traces au bout de quelques heures. Ce retard de 24 heu-

rés cadre avec l'hypothèse d'après laquelle il faut attendre que des microbes soient morts et lysés.

Cette théorie lytique sur l'origine des toxines microbiennes, explique aussi la nécessité d'une période d'incubation. Si les poisons microbiens étaient sécrétés par les microbes vivants il ne faudrait pas un délai de plusieurs jours, quelquefois de plusieurs semaines, à partir de l'inoculation, pour observer les premiers symptômes de maladie. L'hypothèse de l'origine lytique s'accorde parfaitement avec cette constatation.

Les effets nocifs des injections de microbes morts n'existent pas, d'ailleurs, que pour le bacille de Koch, on les observe avec tous les microbes pathogènes. Dans tous les états infectieux, l'injection de microbes tués, entraîne une aggravation des symptômes.

On peut objecter à cette hypothèse que l'injection de microbes morts ne produit pas toujours le même genre d'accidents que l'injection de toxine; que la tuberculine, qui contient les produits de la lyse *in vitro*, n'est pas toxique pour les sujets sains. Mais cela peut s'expliquer par ce fait que la lyse *in vitro* ne comporte certainement pas les mêmes stades qu'*in vivo*, l'ambiance fermentaire n'étant pas la même. De même, les microbes qui ont cultivé *in vivo* ne sont pas identiques à ceux qui ont cultivé *in vitro*.

On peut expliquer de la même manière, la distinction que l'on fait actuellement, pour les poisons microbiens, en endotoxines et exotoxines.

On peut même dire que, pour le bacille de Loeffler, le poison n'apparaît pas *in vitro*. La toxine diphtérique, en effet, n'est pas toxique par elle-même, du moment que lorsque l'on en injecte une dose mortelle à un cobaye, celui-ci ne commence à être malade qu'au bout de vingt-quatre heures. Cette toxine est un protide qui est atoxique et ce sont les stades de dégradations de ce protide qui sont toxiques. Il en est de même pour les albumines, dites toxiques, des champignons vénéneux. Les sujets empoisonnés ne ressentent les premiers symptômes que six à huit heures après l'ingestion, au moment où la digestion commence à libérer les stades de dégradation toxiques. Sont, dans le même cas, les autres toxalbumines, telles que l'abrine, la ricine, pour lesquelles il y a une période dite d'*incubation*.

D'après cette conception, les microbes pathogènes sont ceux qui, dont les constituants protidiques, glucidiques ou lipidiques, comportent des stades de dégradation toxiques et les non pathogènes, ceux dont les constituants n'en comportent pas.

B. — *Relations entre l'anaphylaxie et l'immunité.*

De nombreux auteurs ont pressenti les affinités qui existent entre l'anaphylaxie et l'immunité, mais jusqu'ici, nul n'a précisé la nature des relations existant entre ces deux phénomènes.

Arthus, qui avait découvert l'anaphylaxie des protéines non toxiques, en pratiquant des injections hebdomadaires, sous-cutanées, de sérum, a prolongé, ces injections au delà de la période anaphylactique, et constaté que la sensibilisation allait en s'atténuant jusqu'à la disparition complète.

Des chiens recevant des injections sous-cutanées hebdomadaires de sérum de cheval, de 10 c.c., au début et de 20 c.c., ensuite, étaient essayés, au bout d'un nombre déterminé d'injections sous-cutanées, au moyen d'une injection intraveineuse de 5 c.c., et la réaction anaphylactique était appréciée à l'importance de la chute de pression, mesurée dans l'artère fémorale ou dans la carotide.

L'auteur a vu ainsi l'intensité de la réaction anaphylactique, croître avec le nombre d'injections, atteindre une valeur maxima vers la 4e ou la 5e, pour décroître progressivement jusqu'à disparition complète, observée vers la 18e injection.

Arthus a obtenu les mêmes résultats avec les venins, pour lesquels il a observé non seulement la disparition des accidents curarisants, mais aussi des accidents protéotoxiques, qui avaient subi, au début, une aggravation d'ordre anaphylactique.

L'auteur compare ces états d'indifférence, obtenus à la suite d'un nombre plus ou moins grand d'injections hebdomadaires, à un état d'immunité, et il conclut que l'*anaphylaxie précède* l'immunité comme l'immunité succède à l'anaphylaxie.

C. — *Théorie fermentaire de l'immunité.*

La théorie fermentaire de l'immunité, qui est calquée sur notre théorie fermentaire de l'anaphylaxie, permet d'expliquer tous les faits connus, jusqu'à ce jour, concernant la biologie microbienne.

Les poisons microbiens ressemblent beaucoup aux poisons anaphylactiques en ce sens que, dans les deux cas, ce sont des poisons du système nerveux végétatif, sympathique ou parasympathique.

Les poisons anaphylactiques sont des produits de dégradation protéique, c'est-à-dire d'origine lytique. Les poisons microbiens ont été considérés jusqu'ici comme sécrétés par les microbes vivants. Nous avons vu qu'il y a des raisons de penser que les toxines microbiennes ont, tout comme

les poisons anaphylactiques, une origine lytique et proviennent de la lyse des microbes morts.

D. — *Premiers et seconds ferments de la lyse microbienne. Maladies qui vaccinent et maladies qui ne vaccinent pas.*

La dégradation des constituants microbiens, lors de la lyse, s'effectue aussi par toute une série d'actions fermentaires successives, les poisons étant représentés par certains stades de dégradation des protides ou des autres constituants chimiques.

Aux seconds ferments anaphylactiques, correspondent les ferments dégradateurs des stades toxiques, autrement dit, des toxines. Dans l'anaphylaxie, les protéines dégradées étant assez voisines des protéines tissulaires, ces seconds ferments sont utilisables par l'organisme et disparaissent.

Pour les microbes pathogènes, qui sont ceux dont les constituants présentent des stades de dégradation toxiques, deux cas peuvent se produire :

1° Les poisons microbiens sont représentés par des molécules assez voisines, au point de vue chimique, de celles des produits de dégradation des protéines tissulaires et leurs ferments destructeurs, ainsi utilisables, disparaissent après une première agression microbienne. Ce sont les maladies qui ne laissent pas d'immunité.

2° Les poisons microbiens sont formés de molécules très éloignées, au point de vue chimique, des produits de dégradation des constituants tissulaires (toxine diphtérique, tétanique...) et dans ce cas, leurs ferments dégradateurs, inutilisables, persistent et créent l'état d'immunité.

La présence de ces ferments destructeurs permet à l'organisme, lors d'une agression microbienne ultérieure, de développer ses moyens naturels de défense avant que ceux-ci n'aient été paralysés par l'intoxication toxinique. Les microbes envahisseurs sont détruits avant d'avoir pu exercer leur action nocive.

Cette théorie fermentaire de l'immunité, basée sur l'origine lytique des poisons microbiens, n'est évidemment qu'une hypothèse, comme celle, d'ailleurs, de l'origine sécrétoire, mais cette hypothèse a l'avantage d'expliquer tous les faits connus et même d'en prévoir d'autres que nous nous employons, en ce moment, à vérifier. Elle permet de comprendre les relations que l'on a pressenties entre l'anaphylaxie et l'immunité et d'en préciser la nature.

Expérience d'Arthus.

Dans les expériences d'anaphylaxie d'Arthus, sur des chiens préparés au moyen d'injections sous-cutanées hebdomadaires, l'apparition de la sensibilisation s'explique par ce fait que, dans l'intervalle de deux injections, les seconds ferments avaient le temps de disparaître par utilisation. Mais comment expliquer l'immunité consécutive ? Très certainement par un phénomène d'accoutumance de l'organisme aux poisons anaphylactiques à la suite de ces agressions répétés. Ce qu'Arthus a considéré comme un phénomène d'immunité, ne s'apparente donc pas, en réalité, à l'immunité vraie mais à l'accoutumance aux poisons. Il serait intéressant de voir combien de temps cette soi-disant immunité persisterait après suppression des injections, et si le délai serait aussi long que pour l'immunité proprement dite où la sensibilisation anaphylactique, cette dernière étant due également à la persistance de ferments inutilisables.

Microbes dont la spécificité est due à des polysaccharides

Les travaux de Avery, Gœbel et Heidelberger, de l'Institut Rockfeller, entrepris de 1923 à 1932, ont montré que la spécificité des trois types de pneumocoques est due à des polysaccharides de la capsule microbienne. Ces saccharides floculent les sérums spécifiques, mais ils ne sont ni antigènes, ni toxiques, ni immunisants. Depuis, cette constatation a été faite pour d'autres microbes.

Dans les microbes à Gram négatif, A. Boivin a montré l'existence d'un composé glucido-lipidique, qu'il a extrait par solubilisation des germes au moyen de la trypsine et élimination des protides par précipitation trichloracétique. Ce composé glucido-lipidique, qui a été désigné par Boivin sous le nom d'antigène complet ou antigène O, possède les trois propriétés : *spécificité* (floculation des sérums spécifiques), *pouvoir antigène, immunisant* et *toxicité*.

Là encore, la toxicité n'est pas immédiate. Ce n'est qu'une heure ou deux après l'injection, que les manifestations toxiques apparaissent, ce qui semble indiquer que le poison proprement dit, est un stade de dégradation de ce composé glucido-lipidique.

Une première injection de cet antigène O de Boivin est sensibilisante comme l'injection de microbes morts. La seconde injection effectuée une dizaine de jours après, est déchaînante. La théorie fermentaire explique ces faits qui reproduisent ceux de l'anaphylaxie.

Pour les microbes à Gram positif, pneumocoques, le polysaccharide, spécifique, est copulé avec une nucléoprotéine.

Une autre fait mérite de retenir l'attention : les polysaccharides spécifiques, qui ne sensibili-

sent pas et ne produisent pas l'anaphylaxie, déclenchent une crise anaphylactique lorsqu'on les injecte à un animal sensibilisé par une injection microbienne (microbes morts). Comment expliquer ce phénomène par la théorie fermentaire ?

D'après ce que nous avons vu, la substance toxique doit être un stade de dégradation de l'antigène O de Boivin et en même temps un composé glucido-lipidique.

La dégradation qui suit l'injection microbienne disloque le composé toxique glucido-lipidique en ses deux fragments glucidique et lipidique.

Le glucide a des raisons de disparaître, par utilisation, plus rapidement que le lipide. L'animal qui a reçu l'injection microbienne, contient donc, dans son sang, quelques jours aprés, le ferment dégradateur et le lipide. Si, à ce moment on introduit une quantité importante de polysaccharide, la concentration des produits de dédoublement est telle qu'en présence du ferment et en raison de la réversibilité des actions diastasiques, qui obéit à la loi d'action de masses, le ferment dégradateur peut fonctionner comme un ferment de synthèse et reconstituer le stade glucido-lipidique toxique, aux dépens du lipide restant et du glucide apporté.

Si, pour les microbes à Gram négatif, le polysaccharide spécifique est toujours dépourvu de toxicité, de pouvoir antigénique et de pouvoir immunisant, il semble bien que, dans le cas des microbes à Gram positif et particulièrement, des pneumocoques, ce polysaccharide puisse, dans certaines conditions, se montrer antigénique. Divers auteurs ont, en effet, obtenu à partir du pneumocoque I, des préparations de nature polysaccharidique qui, utilisées à très petites doses, se sont montrées antigéniques pour la souris. Mais ce pouvoir antigénique est toujours très inférieur à celui des bactéries elles-mêmes et, d'autre part, il reste très contingent, il ne s'exerce que chez certaines espèces, à certaines doses et pour certaines voies d'inoculation. On est loin de l'immunisation énergique qui s'installe chez toutes les espèces animales et sans précaution spéciale, lorsqu'on utilise les bactéries tuées par la chaleur ou les antigènes complets.

Néanmoins, comment expliquer cette action, même légère ? Là encore, la théorie fermentaire permet de donner une interprétation. On peut admettre que le polysaccharide injecté, copule avec un protéide du sang, formant ainsi un complexe qui ne serait pas le véritable antigène glucido-protidique microbien, mais une substance voisine au point de vue chimique et non toxique.

Les ferments dégradateurs que sa présence ferait apparaître seraient aussi doués d'une action dégradatrice vis-à-vis de l'antigène microbien, en raison de la parenté chimique de cette substance avec le composé formé dans le sang. Gœbel A. et Avery ne sont-ils pas arrivés à copuler, par la méthode des azoprotéines, la globuline du sérum de cheval avec le polysaccharide du pneumocoque 3 et, en injectant au lapin le produit obtenu, à préparer un sérum capable de protéger la souris contre ce même pneumocoque.

Qu'il s'agisse d'un composé glucido-lipidique (microbes à Gram négatif) ou d'un composé glucido-protidique (microbes à Gram positif) l'explication demeure la même, en ce qui concerne le déclenchement d'une crise anaphylactique lors de l'injection du polysaccharide à l'animal sensibilisé, par une injection préalable de microbes tués par la chaleur. On peut admettre qu'il y a reconstitution de l'antigène glucido-lipidique ou glucido-protidique, doué de toxicité et cela, en raison de la loi d'action de masses, par réversibilité d'action du ferment dégradateur.

Réaction de la tuberculine.

On a voulu expliquer la réaction des sujets tuberculeux à l'injection de tuberculine, par l'anaphylaxie, mais la tuberculine, injectée à des sujets sains, ne les sensibilise pas.

D'autre part, la tuberculine n'est pas toxique pour les sujets sains. La lyse *in vitro* des bacilles de Koch ne comporte donc pas les stades toxiques. Mais on peut supposer que la tuberculine contient des fragments du poison tuberculeux, du composé toxique qui n'apparaît que dans la lyse *in vivo*. D'autre part, l'organisme du tuberculeux peut être imprégné des autres fragments de ce composé toxique, ainsi que du ferment dégradateur, et, dans ce cas, on conçoit que l'injection de tuberculine, puisse permettre la synthèse de la substance toxique, comme dans le cas des microbes à polysaccharide, par une réversion d'action diastasique.

III. — **Origine et nature de l'alexine.**

La notion d'alexine a été basée sur les faits suivants :

L'injection, dans le péritoine du cobaye, d'une culture de vibrion cholérique, entraîne la mort de l'animal par multiplication des microbes injectés.

La même injection, faite sous la peau, est parfaitement tolérée. Répétée deux ou trois fois, à quelques jours d'intervalle, elle confère l'immunité. L'animal ainsi préparé, supporte alors sans inconvénient, l'injection intrapéritonéale, et les vi-

brions injectés deviennent immobiles, granuleux et meurent. C'est le *phénomène de Pfeiffer.*

Ce phénomène peut être réalisé *in vitro;* il suffit, pour cela, d'ajouter la culture de vibrion cholérique à du sérum de cobaye immunisé. Le sérum perd cette propriété bactériolytique s'il a été chauffé, au préalable, à 55° pendant une heure. On dit qu'il est *inactivé.* On peut le *réactiver* en lui ajoutant du sérum frais de cobaye ou d'un autre animal.

Ces faits ont conduit à admettre l'existence, dans le sérum d'un animal immunisé, de deux substances, l'une thermolabile, détruite à la température de 55°, l'alexine ou complément; l'autre, thermostabile, appelée anticorps ou sensibilisatrice.

Les hypothèses les plus variées ont été émises sur l'origine et la nature de l'alexine. Cette substance a été comparée à un ferment tryptique, d'origine leucocytaire; puis on est allé jusqu'à nier son existence, en tant que substance, et à ne considérer qu'un pouvoir alexique du sang.

L'alexine, activée par les sensibilisatrices, réalise la destruction, par dégradation, des produits microbiens ou des microbes, qui ont pénétré dans le sang.

Nous avons montré, en outre, que, dans l'anaphylaxie, il y a dégradation de la protéine injectée par l'action successive de deux catégories de ferments, que ces ferments ne sont pas des catalyseurs, mais des activants de l'alexine, qui représente alors le véritable catalyseur. Ces ferments anaphylactiques possèdent donc les plus grandes analogies avec les anticorps microbiens dits sensibilisatrices.

Ces faits font apparaître une ressemblance frappante entre l'alexine et la trypsine, ces deux substances ayant besoin d'être activées pour exercer leur action dégradatrice. On peut cependant objecter qu'il existe, pour la trypsine, un activant universel vis-à-vis de toutes les protéines, l'entérokinase de Pavlof, tandis qu'il faut, à l'alexine, un activant spécial pour chaque protéine (spécificité des anticorps ou sensibilisatrices). Mais, si l'on envisage l'entérokinase, non pas comme un ferment, mais comme une molécule chimique possédant de l'affinité d'adsorption pour la trypsine et pour la protéine à dégrader, affinité dont le résultat est une concentration du catalyseur à la surface du substrat, concentration nécessaire à l'action diastasique, on comprend, qu'en milieu aqueux, pour la trypsine, il puisse y avoir un activant universel, tandis qu'en milieu sanguin, fortement colloïdal, il faille un activant spécial pour chaque protéine, en raison de ce fait connu que le milieu colloïdal gêne les phénomènes d'adsorption.

Nous avons pensé, en définitive, que l'alexine pourrait très bien n'être que de la trypsine du suc pancréatique, absorbée au niveau de la muqueuse intestinale et passée dans le sang. Nous avons montré, en effet, que les diastases tissulaires d'organes, véritables catalyseurs, administrées par la bouche, sont absorbées et passent dans le sang, du moment que leur administration est suivie d'un relèvement de l'activité fonctionnelle chez les sujets atteints d'insuffisance d'organes.

Nous avons entrepris, en collaboration avec J. P. Thiery, de soumettre cette hypothèse à l'épreuve de l'expérimentation [8].

S'il est exact que la trypsine venant de l'intestin et passée dans le sang, est la cause de l'apparition de l'alexine, on doit pouvoir augmenter le taux de cette substance en introduisant directement de la trypsine dans le sang d'un animal, ou en l'ajoutant, *in vitro,* à du sérum frais et cela, sous la forme de suc pancréatique de chien obtenu par la méthode de Claude Bernard (trypsine inactive) ou de macératum aqueux, dans du sérum physiologique, de poudre de pancréas (pancréatine du commerce) contenant de la trypsine active.

On avait déjà ajouté de la trypsine active à du sérum frais et constaté une destruction d'alexine.

Nous avons repris ces expériences en ajoutant à du sérum frais de cobaye, de cheval, de chien, de porc, du macératum pancréatique. L'alexine était titrée dans le mélange, après 1/2 heure, 1 heure, 2 heures, 3 heures, 4 heures, etc., 24 heures de contact, à la température du laboratoire, par prélèvements successifs et addition de couple hémolytique, aux portions prélevées.

Nous avons vu, dans ces conditions, que si le taux d'alexine baisse en général, pendant les premières heures, il se relève ensuite régulièrement dans les heures qui suivent, de façon à revenir au taux initial et même à le dépasser beaucoup, comme c'est le cas avec le sérum de cheval, normalement pauvre en alexine.

Nous avons fait également des injections intraveineuses de macératum à des chiens et prélevé, d'heure en heure, du sang, pour titrer l'alexine. Sur les cobayes, nous avons eu recours à l'injection intracardiaque. Le titrage de l'alexine était effectué d'heure en heure, sur des animaux aussi semblables que possible, mais nécessairement différents. Là encore, nous avons constaté un abaissement du taux de l'alexine dans les premières heures, avec relèvement dans les heures suivantes.

8. F. Maignon et J. P. Thiéry : *C. R. Soc. Biol.*, 1939, t CXXXI, p. 246, 249.

Nous avons recherché, ensuite, ce que l'on obtiendrait avec de la trypsine inactive, employée sous la forme de suc pancréatique de chien recueilli par la méthode de Claude Bernard.

Nous avons répété, avec le suc, les mêmes expériences *in vivo* et *in vitro* que précédemment. Nous avons injecté, au chien, dans la saphène, 5 c.c. de suc pancréatique additionné de 5 c.c. de sérum physiologique, et aux cobayes, 1/2 c.c. de suc additionné de 1/2 c.c de sérum physiologique.

Nous avons toujours constaté, au bout de quelques heures, une augmentation marquée du taux de l'alexine, sans destruction préalable.

Deux faits sont à retenir :

1° La destruction du début est supprimée avec une trypsine inactive. Cela laisse supposer que l'abaissement du taux, qui précède toujours la reformation avec la trypsine active, est dû à une destruction par hydrolyse tryptique.

2° L'augmentation du taux de l'alexine n'est pas immédiate, elle ne se manifeste qu'après quelques heures, au minimum une heure. Il semble que l'alexine formée résulte d'une combinaison du catalyseur tryptique avec un constituant du sang. Nous avons pensé aux globulines.

Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons extrait du sérum de cheval, de mouton, de porc, les globulines et la séro-albumine, soit par la méthode des sels soit par la dialyse.

Les solutions d'euglobulines (dans de l'eau salée) de pseudoglubulines, de séro-albumine, étaient ramenées au volume primitif de sérum.

Ces solutions étaient additionnées d'un volume égal du macératum de poudre de pancréas (pancréatine du commerce, titre 300) à 3 %. Après une heure de séjour à l'étuve à 37°; ces divers mélanges étaient employés à la place d'alexine de cobaye, dans la réaction hémolytique, c'est-à-dire qu'ils étaient additionnés, en proportions variables, de couple hémolytique (technique de Besredka) et l'on notait, après 30 minutes et 1 heure d'étuve à 37° le nombre de tubes hémolysés. Une expérience était faite avec une solution de pancréatine seule, au même degré de concentration.

Huit expériences sur huit nous ont donné des résultats exactement superposables. Par rapport à la solution de pancréatine seule : hémolyse nettement augmentée avec le complexe pancréatine-pseudoglobuline, nettement diminuée avec le complexe pancréatine-séroalbumine.

Dans le complexe pancréatine-euglobuline, il y a donc création d'un pouvoir alexique et dans le complexe pancréatine-séroalbumine, action inhibitrice exercée par la séroalbumine vis-à-vis de la trypsine, très probablement par réalisation du milieu colloïdal, sans création de pouvoir alexique.

C'est certainement à cette action gênante du milieu colloïdal, vis-à-vis des phénomènes d'adsorption, qu'est due, en grande partie, l'action antitryptique des sérums.

Les sensibilisatrices, comme la kinase, seraient des molécules possédant à la fois de l'affinité d'adsorption, pour le catalyseur (alexine, trypsine) et pour le substrat. Elles serviraient de trait-d'union.

Dans notre hypothèse, l'alexine serait un complexe de trypsine et d'un constituant du sang, probablement du groupe des euglobulines, complexe que la trypsine active pourrait détruire en rompant, par hydrolyse, les liens qui unissent les deux molécules.

La trypsine est-elle le seul ferment des sucs digestifs susceptible de donner naissance à de l'alexine, par combinaison avec un constituant du sang ?

Certains microbiologistes pensent qu'il existe plusieurs alexines. Or, il est possible que les autres ferments protidolytiques des sucs intestinaux, alcalins, puissent fournir des alexines en se combinant également aux globulines sanguines. Nous voulons parler de la carboxypolypeptidase du suc pancréatique et de l'aminopolypeptidase du suc intestinal ou érepsine. Tous ces ferments, en effet, exercent leur action en milieu alcalin; il n'y a donc, à ce point de vue, aucun obstacle à ce que cette action s'exerce en milieu sanguin.

On conçoit que l'activation de ces ferments, qui n'est pas nécessaire en milieu aqueux, le devienne en milieu sanguin fortement colloïdal, qui gêne les phénomènes d'adsorption nécessaires à la concentration du catalyseur sur le substrat.

Par contre, la pepsine dont l'action protéolytique ne s'exerce qu'en milieu acide, ne doit pas être capable de donner naissance à de l'alexine.

Nous avons répété, avec ce ferment, les mêmes expériences, *in vivo* et *in vitro*, qu'avec la trypsine et dans aucun cas, nous n'avons obtenu la moindre variation du taux de l'alexine, ni en moins, ni en plus. Des expériences comparatives, faites en même temps, avec de la trypsine et de la pepsine, nous ont donné des résultats nettement positifs dans le premier cas et une absence complète de modification dans le second.

On peut dire que tout se passe comme si l'alexine était un complexe de trypsine et d'un constituant du sérum, ce constituant étant de la globuline ou tout au moins, un protide entraîné avec les globulines dans la méthode des sels ou de la dialyse, et cela pour les sérums de cheval,

de mouton et de porc, sur lesquels nous avons expérimenté.

En résumé, les ferments protidolytiques des sucs digestifs intestinaux joueraient un second rôle, très important, en passant dans le sang et en se combinant aux globulines. Ils donneraient naissance aux alexines, dont le rôle serait de maintenir la composition protidique du sang en exerçant une action destructrice vis-à-vis des protides étrangers (produits microbiens, protéines étrangères). La présence, dans le sang, de ces protides, fait apparaître des substances (anticorps microbiens ou sensibilisatrices, ferments anaphylactiques), dont nous cherchons à étudier l'origine, qui activent l'alexine vis-à-vis de ces protides étrangers et lui permettent d'exercer son action lytique en milieu sanguin.

A la lumière de ces faits, les phénomènes si mystérieux de l'immunologie apparaissent comme devant rentrer dans le cadre de la physiologie générale, tout au moins en ce qui concerne l'étude des mécanismes.

F. Maignon,
Professeur de Physiologie à l'Ecole Vétérinaire d'Alfort.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Fréchet (Maurice). — **Recherches théoriques modernes sur le calcul des probabilités.** — Second livre : **Méthode des fonctions arbitraires. Théorie des événements en chaine dans le cas d'un nombre fini d'états possibles.** T. I, *fasc.* 3 *du* **Traité du calcul des probabilités et de ses applications** de Borel (M. E.) — 1 *vol. de* 316 *p. Paris* 1938. *Gauthier-Villars, édit.*

Dans ce livre, M. Maurice Fréchet se propose d'étudier dans deux cas principaux des problèmes rattachés à la régularisation d'une répartition de probabilités dépendant d'un paramètre lorsque ce paramètre augmente indéfiniment.

Dans le premier cas qui conduit à l'étude de la méthode des fonctions arbitraires de Poincaré, le paramètre considéré étant le nombre d'éléments d'un réseau géométrique qui devient de plus en plus serré, on montre qu'en partant d'une répartition arbitraire des probabilités, cette répartition tend vers une limite indépendante de la répartition initiale. Cette théorie est exposée, appliquée aux cas concret du problème de la roulette.

Dans le second cas, qui conduit à la théorie générale des probabilités en chaîne, on considère un certain nombre d'épreuves et en se donnant la répartition des probabilités des résultats d'une seule épreuve, on cherche à montrer que la répartition des probabilités des résultats de n épreuves se régularise. Ce problème est celui de la vérification du principe ergodique : une probabilité dépendant de l'état initial, de l'état final et du nombre des opérations tend lorsque ce nombre croit indéfiniment vers une probabilité limite indépendante de l'état initial. Posé par la question du mélange des urnes étudiée par Bernoulli et Laplace, il a été examiné par Poincaré dans le cas du battage des cartes et par Lord Rayleigh dans le cas du mouvement brownien discontinu. Ce problème est exposé ici dans le cadre plus général des phénomènes en chaînes étudiés par Markoff.

Si l'on considère une série d'événements en nombre fini tels que l'un d'eux se produise à chaque épreuve et que sa probabilité soit déterminée par le résultat obtenu dans l'épreuve immédiatement précédente si la suite d'épreuves est discrète, on sera dans le cas des chaînes simples et constantes de Markoff. Ce problème est d'abord étudié ici par le principe de la moyenne dans le cas régulier, puis au moyen de l'expression des probabilités de passage dans le cas singulier. Il est ensuite repris par la méthode directe de MM. Hadamard et Kolmogoroff.

Le cas de la suite continue d'épreuves est également étudié d'abord par réduction à un système d'équations différentielles suivant la méthode de M. Kolmogoroff, puis par représentation de la solution sous forme d'une série d'intégrales multiples d'ordre croissant suivant les deux méthodes de M. Hostinsky, et, enfin, par son expression en termes finis suivant une méthode directe due à M. Fréchet.

Ce livre est complété par quatre notes sur les systèmes d'équations linéaires aux différences finies du premier ordre à coefficients constants.

G. P.

Papin (M.-D.). — **Aide-mémoire Dunod : Mathématiques générales.** — *Un vol. de* 274-XCIV *pages. Paris, Dunod, édit.*

Ce livre rassemble les principales formules établies dans les cours correspondant aux programmes de mathématiques élémentaires, mathématiques spéciales et mathématiques générales. Il est divisé en huit parties.

Les première et seconde parties donnent les principales formules de l'algèbre et de la géométrie de mathématiques élémentaires, la troisième partie les formules fondamentales de la trigonométrie rectiligne et de la trigonométrie sphérique. La quatrième partie traite de l'analyse : fonctions, calcul différentiel et intégral, la cinquième partie, du calcul des proba-

bilités. La sixième partie est consacrée à la géométrie analytique à deux et trois dimensions et à la géométrie infinitésimale, la septième partie, aux calculs graphique et vectoriel (abaques, géométrie et analyse vectorielle). La huitième partie est constituée par des tables numériques : fonctions Θ (λ), Γ (a), Γ (x), fonctions exponentielles et hyperboliques, Arg Sh ($tg\varphi$), intégrales elliptiques, intégrales de Fresnel.

Ce livre est complété en annexe par les principales formules et tables pouvant être utiles à l'ingénieur.

G. P.

Singier (G.). — **Les correspondances algébriques (1,1), (2,1) (2,2). Applications aux courbes et aux surfaces du deuxième et du troisième degré.** *1 vol. de 172 p. Paris, Vuibert, édit.*

Une relation algébrique entière entre deux variables dont les degrés sont respectivement m et n peut être considérée si ces variables représentent les paramètres définissant les éléments de deux variétés unicursales comme établissant entre ces deux variétés une correspondance dans laquelle un élément de la première possède n homologues dans la seconde et un élément de la seconde m homologues dans la première. Cette correspondance est dite correspondance (m, n). La correspondance (1,1) est la correspondance homographique. On sait le rôle important que joue cette correspondance dans l'étude des propriétés géométriques des coniques. En introduisant simultanément les correspondances (1,2) et (2,2) ces propriétés se précisent et se rattachent a des propriétés analogues des cubiques et des quartiques. On montre en effet que dans le plan, si on considère deux faisceaux de droites dont les rayons homologues sont liés par une correspondance (1,1), (1,2) ou (2,2) le lieu du point de rencontre des rayons homologues est en général une conique, une cubique ou une quartique. De même si la correspondance (1,1) ou (2,1) est établie entre deux faisceaux de plans passant par deux droites fixes non coplanaires, le lieu des points de rencontre des plans homologues est en général une quadrique ou une surface réglée du troisième ordre. Les correspondances (1,1), (2,1) ou (2,2) établies entre les droites constituant les deux systèmes de génératrices rectilignes d'une quadrique donne pour lieu d'intersection des génératrices homologues, une conique, une cubique gauche ou une biquadratique.

Le livre de M. Singier montre d'une façon remarquable le parti que l'on peut tirer de l'emploi des correspondances dans l'étude géométrique non seulement des coniques mais des cubiques planes ou gauches et pour l'étude des quadriques et des surfaces réglées du troisième ordre. En particulier il examine notamment les différents modes de générations des surfaces réglées du troisième ordre en appliquant les résultats obtenus à l'étude des propriétés des cylindroïdes et des surfaces de Cayley.

G. P.

2° Sciences physiques et chimiques.

Année Polaire Internationale 1932-1933 : Participation française. Tome II **Electricité atmosphérique Courants telluriques. Actinométrie Radio-électricité.** *Historique des Missions.* — *1 vol. in-quarto de 260 p. Gauthier-Villars, Paris.* 1938.

Au cours des années 1932-1933, des expéditions ont été organisées par l'ensemble des principaux pays du monde afin d'étudier d'une manière systématique la physique du globe et la météorologie des régions polaires.

La France décida d'installer un poste météorologique en Afrique équatoriale, à Bangui, un autre dans la zone tropicale à Tamanrasset, en plein Sahara, enfin une station d'observation très complète au Scoresby Sund, sur la côte est du Groenland. Le présent volume contient un certain nombre de rapports et de documents relatifs aux observations faites par les diverses missions françaises sur l'électricité atmosphérique (Dauvillier), les courants telluriques (Rothé), l'actinométrie à Tamanrasset (Failletaz) et en Afrique équatoriale (Lapayre), la radio-électricité (Habert et Douguet).

Trois rapports d'ensemble sur les travaux de la Mission française de l'année polaire au Scoresby-Sund, à Tamanrasset et à Bangui donnent des indications précises sur l'organisation et la composition des diverses missions ainsi que sur les principales observations auxquelles elles se sont livrées et sur les résultats les plus généraux que ces observations ont permis d'établir. Ils constituent un témoignage éclatant de l'importance du rôle joué par ces missions durant l'année polaire internationale de 1932-1933.

A. B.

De Broglie (Maurice). — **Atomes, radioactivité, transmutations.** — *1 vol. in-8° avec 17 figures dans le texte. Prix : 22 fr. E. Flammarion, édit., 26, rue Racine, Paris,* 1939.

Le nouveau volume que M. Maurice de Broglie vient de donner à la Bibliothèque de Philosophie scientifique ne pourra que rehausser l'éclat de cette collection, déjà si digne de la faveur du public. Il est naturel que ce dernier soit particulièrement friand d'œuvres de vulgarisation en un temps où la science évolue si rapidement qu'il est difficile de s'adapter au mouvement des idées. Mais il est rare qu'une œuvre de vulgarisation soit à la fois d'une réelle teneur scientifique et d'une haute valeur littéraire. Ce tour de force a été accompli par M. de Broglie, dont les exposés ont toujours été goûtés à cause de leur clarté et de leur compétence. Il est évidemment difficile de donner en 263 pages une synthèse complète de l'état actuel de nos connaissances en Physique, mais on peut essayer d'enchaîner les unes aux autres les révolutions successives dont les artisans s'appellent J.-J. Thomson, Bohr, Curie, Rutherford, Einstein, etc. C'est le problème qu'a brillamment résolu l'auteur de ce livre en marquant les étapes qu'ont suivies les conceptions modernes de la

matière depuis la forme corpusculaire jusqu'à la forme ondulatoire. Les particules nombreuses qui encombrent un peu le vocabulaire de la science actuelle et dont la survie ne semble pas toujours assurée, ont été réduites par l'auteur au nombre minimum : atomes, noyaux, électrons positifs et négatifs, neutrons, photons, forment déjà un groupe de matériaux avec lesquels on peut constituer de fort belles façades. La radioectropie naturelle et artificielle, les transmutations, les rayons cosmiques, la chimie nucléaire, forment autant de chapitres d'une lecture attachante et facile, car tout calcul a été supprimé pour céder la place aux images instructives. Le lecteur sera certainement reconnaissant à M. de Broglie d'avoir fait cet effort considérable pour lui permettre d'accéder aux synthèses les plus hardies sans passer par le labyrinthe du doute. Il sera satisfait de goûter les fruits les plus délicats de la science sans avoir été obligé de grimper à l'arbre.

L. B.

Euclide. — L'optique et la catoptrique. — *Œuvres traduites du grec en français par* Paul Ver Ecke. — *1 vol. de 126 p. Desclée de Brouwer et Cie, Editeurs. Paris. 1938.*

Euclide est généralement connu comme étant l'auteur du traité des éléments dans lequel la géométrie est présentée sous une forme systématique. Il est néanmoins l'auteur de nombreux ouvrages qui, les uns ne nous sont pas parvenus, et, les autres, nous sont parvenus soit altérés dans des versions arabes, soit dans des textes grecs que les copies successives et les interpolations ont sensiblement modifiés. Parmi ces ouvrages se trouvent l'Optique et la Catoptrique.

M. P. Ver Ecke nous donne pour la première fois une traduction en français de l'optique d'Euclide, de la Recension de Théon d'Alexandrie et de la catoptrique attribuée à Euclide, d'après le septième volume de l'édition gréco-latine des œuvres complètes d'Euclide publiée par J.-L. Heiberg.

L'optique d'Euclide ne correspond pas en totalité à la partie de la physique que nous désignons actuellement de ce nom. Elle comprend à la fois des considérations sur la vision et des propositions que l'on fait plutôt rentrer dans la perspective. Après sept définitions qui sont des hypothèses et des postulats permettant de raisonner sur les rayons lumineux au moyen de la géométrie, elle énonce cinquante-huit propositions dont certaines traduisent des propriétés physiologiques de la vision et d'autres démontrent des propriétés géométriques de la perspective.

La Recension de l'Optique, par Théon d'Alexandrie, fournit un texte dans lequel sont consignés ses leçons d'après l'optique d'Euclide. Il admet notamment encore comme celui-ci, que l'œil est doué d'un feu intérieur projetant des rayons. Les énoncés et les démonstrations sont précisées.

Le Traité de Catoptrique, dont l'attribution à Euclide est contestée, contient trente propositions déduites à partir de six définitions. Il traite de la réflexion et de la réfraction. La proposition I énonce notamment : Les rayons visuels sont réfléchis sous des angles égaux par les miroirs plans, concaves et convexes. La Catoptrique contient de nombreuses erreurs. Signalons la proposition XXX qui dégage la notion de foyer d'un miroir concave, mais confond le foyer avec le centre de courbure.

G. P.

Gilles (Edmond), Dr ès Sciences. — **Effets des rayons ultra-violets sur les végétaux.** — *1 vol. in-8° de 286 p. Imp. de Trévoux, Lyon 1938.*

En présence de la multitude des publications sur la question faisant l'objet de ce mémoire, l'auteur s'est proposé de faire une mise au point bibliographique et expérimentale.

L'ouvrage comporte quatre chapitres suivis de 18 pages de bibliographie. Le premier chapitre traite des mesures de l'ultra-violet et de son absorption, le second des effets destructeurs des U.-V. sur les plantes supérieures, les troisième et quatrième de l'influence des U.-V. sur le développement des végétaux, du rôle des principaux facteurs dans les effets des U.-V. et de leur mode d'action.

Les résultats obtenus dans l'emploi de ces rayons inciteront à en rechercher de nouvelles applications pratiques (par exemple l'irradiation des graines « dures »). L'auteur signale notamment, à propos d'expérimentation, que la cellophane étant très transparente aux rayons U.-V. permet de placer les végétaux dans une enceinte hermétique les mettant à l'abri de la dessiccation que peut provoquer l'irradiation; ce renseignement est intéressant à noter.

Ce livre, facile à lire, met de l'ordre dans des faits signalés isolément; les spécialistes le consulteront volontiers et les étudiants ne pourront que tirer profit à le lire.

M. R.

Guichard (M.). **De la Sensation à la Méthode de mesure. Essai historique sur les mesures en Chimie.** — *3 vol. 24 × 16 de 35, 36 et 43 p. — Hermann, Paris. (Prix : 10 fr. chaque).*

Dans la 1re partie, l'auteur commence par une application des conceptions classiques du sensualisme et de la psychologie analytique au processus d'élaboration de nos connaissances scientifiques. Parmi les sensations élémentaires, il donne la plus grande importance au toucher, après seulement à la vue. Il montre, pour chaque ordre de sensations, l'apparition à travers de la dominante qualitative, d'éléments quantitatifs grossiers. C'est en précisant ces derniers que l'homme de science est arrivé aux méthodes de mesure, et simultanément à une « désensualisation » de la connaissance des phénomènes. Ce mode de connaissance ne laisse plus subsister de liens entre la représentation scientifique du phénomène et la sensation issue de sa perception directe.

Les 2e et 3e parties sont consacrées à un exposé historique des méthodes de mesure en Chimie. On

aime à y retrouver, sous une forme critique et illustrée d'exemples numériques, l'histoire de la révolution lavoisienne, puis celle des grandes lois générales et des premiers poids équivalents, progrès qui affirmèrent la primauté des mesures de masses et de volumes. Et enfin l'exposé des mesures toujours plus diverses, et aussi plus précises, sur des corps plus purs, grâce auxquelles la Chimie, de Science de catalogue s'est élevée au rang de Science de phénomènes.

A. HONNELAITRE.

Schliephake (E.). — **Les Ondes électriques courtes en biologie.** — *1 vol. in-8° de 96 p. avec 37 figures. Gauthier-Villars, Paris, 1938. (Prix : 30 francs).*

Le chapitre de l'action biologique des ondes électromagnétiques a été brillamment inauguré, il y a une cinquantaine d'années par M. D'Arsonval dont l'œuvre dans ce domaine a été considérable. Ses successeurs n'ont fait que la préciser sur des points de détail en mettant à profit les moyens nouveaux que les progrès de la technique électrique ou radioélectrique leur fournissaient.

M. E. Schliephake nous expose les résultats obtenus avec les ondes électriques courtes d'une longueur comprise entre 3 et 30 mètres et plus spécialement inférieure à 20 mètres. Pour de telles ondes dont la fréquence est considérable (10 à 100 kilocycles) les effets d'induction prennent une influence beaucoup plus grande encore que pour les ondes électriques ordinaires et c'est sans doute à cette influence qu'il faut rattacher les propriétés biologiques spéciales des ondes courtes. Les courants induits qu'elles déterminent dans la masse des objets soumis à leur action permettent en effet d'échauffer l'intérieur même des cellules; ils fournissent en outre la possibilité, à cause de la sélectivité de leur action, d'influencer d'une manière particulièrement forte un élément donné des cellules, fût-il très petit. Leur action sur les microbes a fait l'objet de nombreuses recherches d'où il résulte que certaines espèces microbiennes peuvent être affaiblies ou même tuées par exposition aux ondes courtes. L'auteur insiste sur les précautions à prendre pour réaliser le mode d'application le plus favorable : ainsi la distance de l'électrode à la surface cutanée doit être d'autant plus grande que l'objet irradié est plus volumineux et que le foyer à atteindre est situé plus profondément. Le dégagement de chaleur dans un organisme vivant n'est d'ailleurs pas seulement le résultat de la transformation de l'énergie électrique en chaleur; il est lié aussi à l'excitation des processus biologiques générateurs de chaleur.

Dans son livre, l'auteur envisage d'abord les modes de production et les propriétés générales d'ordre physico-chimique des ondes électriques courtes. Il étudie ensuite en détail leurs divers effets d'ordre biologique : mode de répartition de la chaleur, action sur les micro-organismes, action en profondeur, échauffement sélectif des tissus, action sur les organismes supérieurs, etc. L'ouvrage, très clairement présenté, au courant des travaux les plus récents et écrit par l'un des spécialistes les plus compétents dans ce domaine, intéressera les physiciens, les biologistes et les médecins, à qui il est susceptible de fournir d'intéressants sujets de réflexions et de recherches.

A. B.

Suchet et **Jannès**. — **Problèmes d'électricité avec solutions** — *In-8° de 175 p. Léon Eyrolles, Paris, 1938.*

Le présent recueil de problèmes est destiné à illustrer le « Cours d'Electricité » de la même collection. Il s'adresse spécialement aux vérificateurs des installations électromécaniques des P. T. T. et aux candidats aux divers concours de sous-ingénieurs des P. T. T.; mais il sera utilisé avec profit par tous ceux qui désirent s'initier à la résolution de problèmes portant sur l'ensemble de l'électricité. Le livre est divisé en un petit nombre de grands chapitres dans lesquels sont groupés les problèmes portant sur : le courant électrique, le magnétisme, l'électromagnétisme et l'électrostatique; les machines à courant continu; la théorie générale des courants alternatifs; les machines à courant alternatif et les lampes. Chaque chapitre débute par quelques conseils judicieux, appuyés d'exemples, destinés à mettre en garde les élèves contre les erreurs les plus fréquentes; il contient ensuite un certain nombre de problèmes entièrement résolus et des énoncés de problèmes à résoudre. Le recueil, bien compris et clairement rédigé, est appelé à rendre de grands services aux élèves des écoles techniques et aux candidats à ces écoles.

A. B.

Van Mieghem (Jacques). — **Contribution à la théorie du principe des ondes enveloppes de Huyghens.** — *1 vol. in-8° de 100 p. Gauthier-Villars, Paris, 1938.*

L'auteur reprend d'une manière nouvelle et très féconde les problèmes théoriques qui se rattachent au théorème de Huyghens et au principe des ondes enveloppes. Il étudie d'abord l'intégration de l'équation aux dérivées partielles des ondes à l'aide d'une méthode différente de la méthode classique. Il montre ensuite que le principe des ondes enveloppes de Huyghens résulte de la règle d'intégration de l'équation aux dérivées partielles des ondes et il définit le rayon comme étant le lieu du point de contact d'une onde élémentaire de Huyghens avec son enveloppe. Etudiant simultanément les ondes et les rayons, il établit que ceux-ci ne sont autres que les bicaractéristiques de Hadamard envisagées comme des variétés à une dimension soit dans l'espace géométrique, soit dans l'espace temps.

Il définit le transport de l'onde dans l'espace géométrique à l'aide du système différentiel de ces bicaractéristiques et la vitesse de transport d'une onde apparaît comme un invariant, prenant ainsi un

sens intrinsèque. Il indique comment on peut écrire l'équation aux dérivées partielles des ondes sous la forme d'une équation de Jacobi d'où résulte immédiatement la forme hamiltonienne des équations des rayons.

Envisageant la réflexion et la réfraction des ondes, il établit les lois géométriques générales de la réfraction dans le cas où la surface de séparation est mobile. Il termine son travail par deux applications du principe des ondes enveloppes de Huyghens relatives l'une aux équations de l'électromagnétisme, l'autre à l'étude des ondes et rayons compatible avec une équation aux dérivées partielles linéaire du second ordre considérée comme équation fondamentale de la Physique mathématique.

Il s'agit là d'un mémoire d'un grand intérêt abordant d'un point de vue nouveau l'un des problèmes les plus importants de la théorie des ondes. Il constitue une nouvelle confirmation de la magnifique activité scientifique de l'Institut belge de recherches radioscientifiques, fondé et dirigé par M. De Donder.

A. BOUTARIC.

Véronnet (Alex.). — **Constitution physique des étoiles.** — 1 *vol. de* 95 *p. Paris*, 1938. *Gauthier-Villars, édit.*

La recherche des lois qui régissent l'état interne des étoiles est essentiellement un problème de thermodynamique. Au moyen d'hypothèses très générales sur la constitution du milieu fluide qui forme la masse de l'étoile et des données superficielles que la spectrographie nous permet d'atteindre il doit être possible de déterminer avec une précision suffisante l'état thermodynamique interne de l'étoile.

En raison de la température superficielle qui dépasse plusieurs milliers de degrés le problème thermodynamique est celui de la recherche des lois qui vont régir l'équilibre d'une masse gazeuse et l'on sait qu'un tel problème dépend de trois inconnues, densité, pression et température. Il faudra donc connaître trois relations permettant de déterminer ces grandeurs sur chaque couche intérieure de l'étoile en fonction de leurs valeurs sur la surface. Ces relations sont la loi de variation de la pression avec l'altitude, l'équation d'état du gaz et la condition d'équilibre qui exige que la pression et la température croissent de la surface au centre. Les différentes théories actuellement proposées dépendent des lois adoptées pour les deux premières conditions.

La résolution de ce problème a été abordée d'abord par H. Lane dans l'hypothèse d'un gaz homogène et parfait en équilibre adiabatique et ses travaux ont été continués par de nombreux auteurs tels que See, Lord Kelvin, Emden. Mais l'équilibre adiabatique n'est pas le seul possible et on doit considérer également l'éventualité d'un équilibre radiatif entre les différentes couches de l'étoile. Cette théorie exposée d'après les travaux de Jeans, Milne et A. Veronnet conduit M. Veronnet après une critique des hypothèses d'Eddington à penser que l'équilibre radiatif est impossible avec les gaz réels à l'intérieur des étoiles naines ou normales.

M. Veronnet essaie d'éviter les hypothèses trop particulières d'équilibre adiabatique ou radiatif en considérant seulement l'équilibre réel comme un état compris entre les états limites d'équilibre homogène et d'équilibre isotherme. D'autre part, il montre que l'on ne peut obtenir de résultats cohérents qu'en utilisant toujours une loi de gaz réel (Van der Vaals). Dans ces conditions la température et la densité croissent de la surface au centre mais leurs vitesses de variation passent par un maximum très accentué au voisinage de la surface. On justifie ainsi l'existence d'un noyau pour l'étoile.

Les conditions d'équilibre ainsi déterminées permettent en fonction de la température d'expliquer l'évolution des étoiles et de justifier le cycle de Lockyer et Russel. La masse des étoiles est limitée par une température critique.

G. P.

3° Sciences naturelles.

Legendre (René). — **Le Poisson.** — *45 pages, 5 figures. Paris, Hermann*, 1938.

A l'heure où partout dans le monde les nations font le recensement de toutes leurs ressources économiques, ce livre sur le rôle du Poisson dans l'alimenatiton prend un caractère d'actualité tout particulier.

Après avoir situé par quelques statistiques la place qu'occupent les différents poissons dans l'économie alimentaire des différents pays, l'auteur étudie la composition chimique des principaux poissons. Il met en relief la possibilité de suppléer à un manque de viande par l'utilisation de poisson dont les protéines sont d'une valeur égale. De plus sa richesse en vitamines A et C en fait un aliment suffisamment nutritif pour compenser une nourriture déficiente. L'abondance des corps gras dans la chair des poissons a non seulement un intérêt alimentaire mais aussi un intérêt industriel du fait de la possibilité d'obtenir à partir des déchets de poisson des huiles siccatives. Les progrès réalisés par les différents procédés de conservation du poisson, le pouvoir calorifique élevé des conserves à l'huile, doivent, d'après M. Legendre, donner au Poisson la place qu'il mérite dans notre alimentation par son bon marché et ses qualités nutritives.

J. M. P.

Caullery (Maurice). — **Les Progrès récents de l'embryologie expérimentale.** — *Bibliothèque de Philosophie Scientifique. Paris. Flammarion.* 1939. 236 *p.*, 395 *fig.* (*Prix : 22 fr.*).

L'Embryologie expérimentale s'est si profondément transformée depuis une vingtaine d'années, qu'il est extrêmement difficile à celui qui n'en fait pas l'objet essentiel de son activité d'en suivre les étonnants progrès. C'est la raison pour laquelle les ouvrages de mise au point rendent de si grands services aux

biologistes. Les lecteurs de langue allemande possédaient le Traité de W. Schleip : « Die Determination der Primitivenentwicklung » (1929) et l'ouvrage plus récent de H. Spemann : « Experimentelle Beiträge zu einer Theorie der Entwicklung » (1936). Nous avions, en langue anglaise : « The Elements of Experimental Embryology » (1934) de J. S. Huxley et G. R. de Beer, et « Form and Causality in early Development » (1938), de A. Dalcq, dont j'ai donné ici même, il y a peu de temps une analyse.

Nous ne possédions jusqu'ici, en français, que l'ouvrage de A. Dalcq : « L'organisation de l'œuf chez les Chordés » (1935). Outre que cet ouvrage laisse de côté tous les travaux consacrés aux Invertébrés, sa lecture, en raison de sa riche documentation, est d'un abord difficile et ne peut être recommandée qu'à ceux qui possèdent déjà une certaine connaissance des problèmes traités.

L'ouvrage de M. Caullery donne un exposé très clair et très substantiel des découvertes faites dans ce domaine passionnant qu'est l'Embryologie expérimentale. Il permettra aussi bien aux étudiants qu'au public non spécialisé, mais curieux de pensées scientifiques et philosophiques, de s'initier à des découvertes qui sont peut-être celles qui ont pénétré le plus profondément dans l'intimité de la matière vivante. La notion d'organisateur due à H. Spemann, a une importance non seulement biologique, mais philosophique très grande, et on ne saurait trop remercier M. Caullery d'avoir fait le gros effort de donner une mise au point complète et parfaitement informée de ce champ de recherches si étendu et si mouvant.

A. Vandel.

Didier (Dr Robert), *Associé du Muséum national d'Histoire naturelle.* — **Les Oiseaux de France**, Tome IV. — 402 *pages et* 64 *planches coloriées. Paris, Paul Lechevalier*, 1939.

C'est au Dr R. Didier que nous devons la publication du dernier volume des Oiseaux de France de A. Menegaux, ouvrage que la mort de l'auteur laissait inachevé. Dans ce dernier volume nous trouvons décrits, avec la même précision que dans les précédents, la plupart des Passériformes. Une brillante illustration ajoute à la commodité de l'ouvrage. Dans une appendice, M. Seguy termine son étude sur les Insectes parasites des Oiseaux vivants, utile complément à cette indispensable faune ornithologique de notre pays.

J. M. P.

Lefèvre (M.), Dr de l'Université, Assistant au Muséum. — **Recherches expérimentales sur le polymorphisme et la tératologie des desmidiées.** 1 *vol. in-8° de* 42 *p.*, 205 *fig.*, 7 *pl. Lechevalier, édit. (Prix :* 50 *fr.).*

Ce mémoire ne doit pas seulement retenir l'attention des naturalistes qu'attire l'intérêt spécial, déjà grand, du groupe de Protophytes qui est étudié. Il faut savoir qu'il apporte une contribution importante à l'étude des notions d'espèce et de variation, questions toujours délicates. Les pages 35 et 36 qui répondent à cette question spéciale : Les Desmidiées sont-elles polymorphes ? ont une valeur très générale. Notamment le travail de l'auteur « prouve une fois de plus que la systématique basée uniquement sur des observations de cultures conduirait à des résultats extravagants et qu'en aucun cas la réalisation de cultures ne peut dispenser de l'étude des êtres dans leur habitat naturel ».

M. Lefèvre, « sur les conseils et avec la précieuse collaboration de M. le Professeur P. Allorge », a mené à bien une tâche captivante et difficile; espérons avec lui que de nombreux chercheurs suivront prochaînement son exemple.

J. Delphy.

Lemoine (Paul). — **L'Ile-de-France. Etude géologique, topologique et morphologique.** *Fascule 1* (Topologie). 263 *p.*, 46 *fig.* (*Prix :* 30 *fr.*). — *Fasc. 2* (Le Vexin français). 90 *p.*, 14 *fig.* (*Prix :* 10 *fr.*). — *Fasc. 3* (Pays au N. O. de l'Oise), 87 *p.*, 7 *fig.* (*Prix :* 15 *fr.*). — *Fasc. 4* (Valois et Multien), 173 *p.*, 24 *fig.* (*Prix :* 30 *fr.*). *Editions du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris*, 1937-1938.

Le nouvel ouvrage de M. Paul Lemoine représente 25 ans de recherches. Il est construit et présenté suivant un plan très nouveau.

Le fascicule 1 est consacré à l'origine des noms de lieux, les noms d'origine romaine représentant plus de la moitié du total.

Les fascicules suivants, consacrés à la morphologie et à la géologie, présentent une documentation qui n'est plus seulement basée comme autrefois sur l'étude des affleurements, mais encore sur l'étude de milliers de sondages, dont le dépouillement a été fait avec la collaboration de MM. H. Humery et R. Soyer. L'interprétation détaillée de tous les sondages intéressant une région est publiée dans chacun des fascicules.

A partir de là, M. Paul Lemoine a établi une série de cartes : l'allure de la surface de la Craie, les altitudes réelles de chaque niveau, des cartes d'épaisseurs.

Outre des précisions d'ordre stratigraphique, cette méthode a donné des notions nouvelles, imprévues, sur la sédimentation dans le Bassin de Paris. Dans le Valois et le Multien, par exemple, M. Paul Lemoine ayant déterminé la subsidence qui s'est produite, d'une part, entre la fin du Crétacé et la base du Lutétien, d'autre part, entre la base du Lutétien et la base du calcaire de Saint-Ouen, est arrivé à ces conclusions : 1° les zones de subsidence maximum ne sont pas parallèles aux zones anticlinales et synclinales, mais leur sont obliques; 2° les zones de subsidence maximum ne sont pas les mêmes pour les deux époques. Il y a donc *migration des zones de subsidence.*

On se trouve en présence d'un phénomène impor-

tant de la géologie générale : la mobilité et la sensibilité constantes de l'écorce terrestre.

Cette œuvre considérable, dont les volumes se succèdent régulièrement, marque une étape dans la connaissance du Bassin de Paris, ainsi que dans les *méthodes* d'étude et d'exposition des problèmes géologiques.

R. Furon.

Littlepage (J.D.) en collaboration avec Demaree Bess. **A la recherche des mines d'or de Sibérie** (1928-1937). Traduction Montandon (G.). — 1 *vol. in*-8°, 282 *p. Paris*, 1939, *Payot, éditeur (Prix : 30 fr.)*

Le monde a connu plusieurs « ruées vers l'or », en Californie, en Alaska, en Afrique du Sud. Le même phénomène s'est produit en Sibérie, mais il a eu un tout autre caractère : le gouvernement soviétique a organisé et dirigé l'exode, volontaire ou forcé, de toute une population qui est allée accroître la production de l'or en Sibérie orientale.

John D. Littlepage, géologue américain, ingénieur en chef-adjoint du Trust de l'Or russe, apporte un témoignage important sur l'organisation matérielle et sociale de cette mise en valeur. Ce ne sont pas des spéculations fumeuses, mais les observations d'un technicien, faites au jour le jour, au cours de dix ans d'activité professionnelle. C'est le genre d'enquêtes qui intéresse toujours.

R. Furon.

Rostand (Jean). — **La Parthénogénèse des Vertébrés**. — 62 *p. Paris, Hermann*, 1938.

Fréquente chez les Invertébrés, la parthénogénèse naturelle est exceptionnelle et toujours abortive chez les Vertébrés. Depuis près d'un demi-siècle les biologistes ont réussi à réaliser des développements parthénogénétiques dépassant parfois, chez les Batraciens, le stade de la métamorphose.

M. J. Rostand nous donne aujourd'hui un utile aperçu sur les recherches faites dans cet ordre d'idées par les savants français et étrangers et par lui-même. Après avoir passé en revue les différents moyens essayés pour provoquer la parthénogénèse artificielle des œufs de Batraciens, l'auteur met en évidence l'existence de deux phases : l'activation résultant d'interventions physiques et chimiques diverses et en particulier de la piqûre, et la régulation dépendant de l'inoculation d'un matériel étranger présent dans différents tissus et probablement de nature diastasique. L'haploïdie qui est évidemment normale en parthénogénèse fait souvent place, grâce à différents procédés de régulation chromosomique, à la diploïdie. Le spermatozoïde lui-même peut devenir un agent de parthénogénèse quand, soit au moyen de diverses irradiations, soit du fait de l'hybridation, son stock chromosomique est inutilisable pour l'œuf. Cette parthénogénèse un peu spéciale a reçu le nom de gynogénèse. A côté des résultats merveilleux obtenus avec les Batraciens, la connaissance de la parthénogénèse des autres Vertébrés paraît un peu rudimentaire bien que les phénomènes de parthénogénèse naturelle y soient probablement plus fréquents et plus importants que chez les Batraciens. Chez les mammifères et surtout chez le cobaye, la parthénogénèse de l'ovule encore inclus dans l'ovaire est courante. On a même observé un début de formation du tube neural. Mais les études de parthénogénèse expérimentale de ce groupe sont encore peu avancées par rapport à celles effectuées sur les Batraciens.

J. M. P.

Verrier (Marie-Louise), Dr Méd. et Dr Sc., Directeur-adj. à l'Ecole des Hautes Etudes. — **Les yeux et la vision**. — *Nouvelle Collection Scientif. Alcan, édit. 1 vol. in*-16 *de* 171 *p., avec* 29 *fig.* (*Prix* : 18 *fr.*).

De cet ouvrage, qui paraît dans une collection de choix, le titre dit assez l'importance du sujet traité. Sur la manière, rapportons-nous en à ce passage de la Préface de M. Rabaud : « ... S'inspirant de la méthode expérimentale la plus sûre, tenant compte de tous les faits en sa possession et les mettant en œuvre sans s'en écarter, Mlle M.-L. Verrier a réuni un faisceau cohérent de données qui donnent, du problème de la vision, une idée beaucoup plus exacte et lui confèrent une portée beaucoup plus grande ».

D. J. D.

L'Hermite (R.). — **Leçons sur les essais de matér aux**. — Actualités scientifiques et industrielles nos 726 et 727. 2 *vol. in*-8° *de* 56 *et* 74 *p. Paris, Hermann et Cie*, 1938 (*Prix brochés* : 18 *et* 25 *fr.*).

L'auteur étudie ici les relations qui existent entre les faits expérimentaux relevant de cette technique, aux frontières assez mal définies, que constituent les essais de matériaux; en d'autres termes, il s'agit d'un exposé des connaissances expérimentales sur les propriétés mécaniques des solides, plutôt que d'un cours classique de résistance des matériaux.

Le premier volume est consacré à l'étude de la structure et de la déformation des solides; le second concerne les essais des métaux.

C'est avec intérêt que nous avons pris connaissance de cet ouvrage clair et bien ordonné qui contient une bibliographie importante et de nombreuses figures dont plusieurs photographies hors texte.

Ph. Tongas.

Stoffels (E. M.J.), Ingénieur agronome I. A., Gembloux, Directeur de la Station expérimentale de l'Institut nat. pour l'étude du Congo belge. — **Le Quinquina**. 1 *broch. in*-8° *de* 55 *p. Publication de l'*I.N.E.A.C., 1939.

L'arbre à quinine est cultivé au Congo belge, mais, comme sa culture est susceptible d'une certaine extension, il importe de mettre à la disposition des planteurs un manuel leur indiquant de façon claire la pratique de la plantation et de l'exploitation du cinchona : c'est ce que l'auteur s'est donné pour tâche dans la brochure « *Le Quinquina* »; on doit reconnaître qu'il a parfaitement atteint son but.

M. R.

Véron (M.). — **Tendances actuelles des Techniques de la Chaleur.** — *Librairie Dunod.*

Mironneau (L.). — **Technologie du Froid.** — 2 *vol. Librairie de l'Enseignement technique.*

Ostertag (P.). — **Les cycles frigorifiques.** — *Librairie Dunod.*

Cicali (G.). — **Tecnica del Freddo e Crioscopica.** *Zanichelli, à Bologne.*

Il pourra sembler paradoxal qu'on réunisse dans un même compte-rendu des ouvrages relatifs à des phénomènes physiques qui sont en quelque sorte antagonistes.

L'anomalie n'est qu'apparente.

De même que le Chaud et le Froid étaient soufflés alternativement par le Satyre de la fable, les techniques de ces deux manifestations de l'Energie qui ont toutes deux pour base le transfert de la chaleur, se sont pénétrées mutuellement, et possèdent de nos jours une doctrine commune s'appliquant à volonté à l'une ou à l'autre, aux changements de signes près.

Les travaux de M. Véron sur la convection, la conductibilité, ou le rayonnement calorifiques font l'objet de développements analogues dans les ouvrages de Mironneau, d'Ostertag et de Cicali. Si les premiers, plus savants et de portée plus générale, sont ensuite appliqués par M. Véron à des matériels très variés (chaudières, fours, récupérateurs, séchoirs, hauts-fourneaux, etc.), ceux des trois autres ouvrages sont adaptés par leurs auteurs à toutes les modalités de la production et de l'utilisation directe du froid, avec description détaillée des matériels (compresseurs et turbo-compresseurs, condenseurs, machines frigorifiques de tous systèmes, etc.) et de certains procédés industriels apparentés (liquéfaction de l'air et des gaz, synthèse de l'ammoniac, etc.).

Ces quatre ouvrages sont riches de données générales et de renseignements de détail sur une forme moderne de l'utilisation de l'énergie dont le domaine s'amplifie chaque jour.

Emile Fabrègue.

4° Divers.

Enriques (F.). — **La théorie de la connaissance scientifique de Kant à nos jours.** — 1 *fasc. de 45 p. in-8°, Paris, Hermann,* 1938 (*Prix* : 12 *fr.*).

On ne s'attend pas à une analyse de ces quelques pages pleines de pensée et dont l'étude est indispensable à tout esprit pour qui la science n'est pas seulement un ensemble de catalogues de faits. — Citons-en seulement la dernière phrase : « ... le rêve semble moins lointain de voir le Verbe incarné dans la société des hommes pour réaliser progressivement sur cette terre le royaume des cieux; car pour le philosophe, cela ne signifie pas autre chose que le royaume de la Raison ».

D. J. D.

Lombroso Ferrero (Gina). — **L'éclosion d'une vie : Leo Ferrero, de sa naissance à sa vingtième année, d'après les notes de sa mère.** 1 *vol. in-12° de* XXVIII, 302 *p. Paris, Rieder,* 1938.

Les plus beaux dons intellectuels, joints à une exceptionnelle sensibilité, font de cet adolescent, héritier d'un nom célèbre, une figure attachante dont on suit le développement avec un extrême intérêt.

La vie qui s'annonçait pour lui pleine de promesses lui a été brusquement reprise et, une fois de plus, on se demande à son sujet la part de vérité que contient le mot de Platon : « Ceux qui meurent jeunes sont aimés des dieux ».

Ph. Tongas.

Metzger (Hélène). — **Attraction universelle et religion naturelle chez quelques commentateurs de Newton.** 3 *brochures,* 222 *p.*, Actualités Scientifiques et Industrielles, *Hermann, Paris,* 1938.

Dans la collection des Actualités que dirige F. Enriques, destinée à la *Philosophie et histoire de la Pensée scientifique*, Hélène Metzger expose les discussions les plus significatives soulevées par la théorie de l'attraction universelle selon Isaac Newton lui-même, selon, d'une part, Richard Bentley, William Whiston, Samuel Clarke, George Cheyne, William Derham, Andrew Baxter qui étaient des théologiens et voyaient dans la théorie newtonnienne la preuve d'une théologie naturelle, et, d'autre part, selon John Toland, critique rationaliste et Joseph Priestley, théoricien et expérimentateur en physique et chimie, lesquels deux derniers refusaient de mêler la théologie à la physique.

L'œuvre de Newton apparaissait à la plupart des savants du XIX^e^ siècle comme le monument définitif du rationalisme scientifique et, comme H. Metzger le rappelle, ce n'est pas sans raison que Léon Bloch a considéré les Principes mathématiques de la philosophie naturelle de Newton comme une œuvre marquée d'une attention positiviste. Mais H. Metzger ajoute, avec une foule de raisons, que, si la rédaction semble quasi positiviste, il n'en est pas de même de l'inspiration qui avait été éminemment religieuse et métaphysique. Notre très avisée commentatrice des commentateurs de Newton a bien fait de limiter son examen afin de mettre en relief que c'était le dualisme qui séparait la force d'attraction et la matière prétendue inerte, ce dualisme étant analogue à celui entre la pensée et l'étendue ou entre l'âme et le corps, ce sur quoi reposait le thème fondamental de ces tergiversations théologiques et métaphysiques. Notre auteur conclut que ce dualisme, étant mis en défaut, « la théologie naturelle issue du « Newtonnianisme s'écroule entièrement, laissant in« dépendantes l'une de l'autre la physique géné« rale, qui peut se passer du divin, et la religion, « qui se libère entièrement de toute emprise scienti« fique ».

Il me semble souhaitable que Mme Metzger nous apporte un examen aussi sérieux de l'attitude de Berkeley et des objections formulées par Leibnitz à l'égard de la philosophie naturelle de Newton, en montrant encore le parti que Kant en a tiré en

fondant la philosophie critique parce que, incontestablement, l'œuvre de Newton, succédant à celles de Galilée et de Descartes, a été l'un des tournants les plus importants dans l'histoire de l'expérience humaine.

G. A.

Oppenheim (Baron Max **von**) — **Tell Halaf. Une civilisation retrouvée en Mésopotamie.** Bibliothèque historique. — 1 *vol. in*-8°, 375 *pages*, 17 *fig.*, 40 *planches. Paris*, 1939, *Payot éditeur* (*Prix* : 75 fr).

Le baron von Oppenheim découvrit, en 1899, en haute Mésopotamie, vers les sources du Khabour, affluent de l'Euphrate, un tell : le tell Halaf. Ce lieu est maintenant situé en Syrie française.

Au cours de plusieurs campagnes, le baron von Oppenheim et ses collaborateurs, exhumèrent les témoignages d'une civilisation mésopotamienne fort ancienne, antérieure à tout ce que l'on connaît dans le Proche-Orient, remontant au début du 4e millénaire avant Jésus-Christ. Le compte rendu complet des résultats des fouilles ne put voir le jour qu'après la guerre, en 1931. Une édition anglaise, augmentée, parut en 1933. L'édition française dont il est question ici comporte de nombreux compléments originaux. Ajoutons que c'est le premier livre de langue française consacré à Tell Halaf.

Les objets découverts au cours des fouilles se trouvent surtout groupés au Musée de Tell-Halaf, à Berlin et au Musée d'Alep.

Les céramiques peintes étaient devenues classiques, mais l'exposé de ce que l'on sait maintenant de l'architecture et de la sculpture sera une véritable révélation pour le grand public. Ce monde subaréen a fleuri et prospéré pendant tout le 3e millénaire, jusqu'à l'invasion aryenne. Les petits objets témoignent de la qualité de cette civilisation.

L'ouvrage est augmenté de six appendices techniques et richement illustré de fort belles planches hors texte.

R. Furon.

Rabeau (Gaston). — **Species. Verbum. L'activité intellectuelle élémentaire selon saint Thomas d'Aquin.** — 1 *vol. in*-8°, 227 *p.*, *Vrin*, *Paris*, 1938 *(Prix : 25 francs)*.

Du même auteur : **Le jugement d'existence.** — 1 *vol. in*-8°, 226 *p. Vrin*, *Paris* 1938 *(sans indication de prix)*.

Ces deux thèses de doctorat ès lettres ont obtenu en Sorbonne une mention très honorable et ont paru, la première, dans la Bibliothèque thomiste, la seconde dans la Bibliothèque de philosophie. Il convient de ne pas les séparer puisqu'elles traitent des deux premières opérations de la raison. La première expose la théorie thomiste du concept. L'auteur étudie la « *species intelligibilis* », le rôle de l'image par rapport à la forme intelligible et le *verbum*. Il aborde le problème de la connaissance du singulier et de son mode. Il fait preuve de pénétration surtout en approfondissant dans les derniers chapitres la « *Species intelligibilis* », son unité, sa structure et son contenu.

La deuxième thèse complète la première. Elle commence par étudier le jugement d'existence comme événement psychologique pour montrer bientôt qu'il est plus et autre que fait psychologique, savoir une vérité. L'originalité et l'intérêt de l'ouvrage vient de ce que l'auteur au lieu de procéder par des analyses purement psychologiques, logiques ou métaphysiques, expose et discute les problèmes d'après les doctrines de contemporains qu'il connaît bien et parfois même dépasse.

J. D.

La Vie dans les régions désertiques de l'ancien monde (*Mémoires de la Société de Biogéographie, VI*). — 1 vol. in-8° de 406 pages. *Lechevalier, édit., Paris, 1938* (*Prix : 175 fr.*).

Comme les volumes précédents de la même collection, celui-ci est dû au travail de nombreux collaborateurs. Il comprend trois parties : I. D'abord, naturellement, la définition du « Désert » vrai, son histoire géologique et récente. — II. La vie dans les Déserts nord-africains et asiatiques. — Enfin, III, un chapitre de Conclusions, dû à la plume particulièrement autorisée de Th. Monod.

C'est une mine de documents indispensables pour l'étude de la question envisagée.

J. Delphy.

Wyss-Dunant (Dr Edouard). — **Mes ascensions en Afrique.** Préface du Colonel divisionnaire Grosselin, président du Club alpin suisse. — 1 *vol. in*-8° *de* 255 *p.*, 5 *croquis*, 30 *photogr.* Payot, édit., Paris, 1938.

Ecrite par un alpiniste, cette relation de voyage en Afrique nous découvre un aspect assez peu connu de certaines régions traversées. Parti d'Egypte, M. Wyss-Dunant remonte le Nil, prend l'avion à Khartoum et atterrit au bord du lac Victoria; il réalise aussitôt l'ascension du Kenya puis traverse la brousse peuplée de grands fauves et va s'attaquer à la cime maîtresse de l'Afrique, le Kilima-Njaro (6.010 m.). Ce massif montagneux révèle des paysages polaires d'une beauté rare et d'une impressionnante grandeur : c'est une joie pour l'imagination de se les représenter à la lecture de pages écrites dans un style alerte.

C'est, ensuite, la traversée de l'Ouganda, du Congo Belge avec la visite du Parc National Albert, curieuse randonnée au milieu de forêts peuplées de fauves, l'Oubanghi-Chari, le Hoggar et l'ascension de ses hauts sommets, enfin le retour par Alger.

Rêve rêvé ou rêve vécu, se demande l'auteur ? Comment dire en quelques lignes tout ce que ce livre renferme d'intéressant pour le géographe et le naturaliste, car l'auteur sait observer, montre une curiosité toujours en éveil : ce voyage n'est pas une aventure banale, c'est un document.

M. R.

Le Gérant : Gaston Doin

Sté Gle d'Imp. et Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 4-41.